

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-242156

(43)Date of publication of application : 08.09.2000

(51)Int.Cl.

G03H 1/04

G03H 1/22

G11C 13/04

(21)Application number : 11-046941

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 24.02.1999

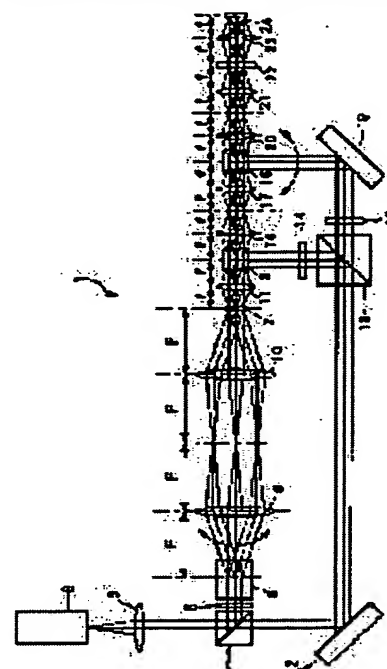
(72)Inventor : SUGANUMA HIROSHI

## (54) DEVICE AND METHOD FOR RECORDING AND REPRODUCING HOLOGRAM

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make recordable and reproducible a large capacity of data by performing multiple recording while restraining the lowering of diffraction efficiency as much as possible.

SOLUTION: Plural holograms are multiply recorded on a 1st hologram recording medium 8 by using the same reference light while changing the incident angle of object light every time one hologram is recorded, and a plurality of holograms multiply recorded on the medium 8 are reproduced all together. By setting the reproducing light as the object light, the multiply recorded hologram constituted by superposing plural holograms as one hologram is multiply recorded on a 2nd recording medium 18 by using different reference light. Then, a desired multiply recorded hologram is selectively reproduced from among a plurality of multiply recorded holograms multiply recorded on the medium 18.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

30.11.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

**BEST AVAILABLE COPY**

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st record means which carries out multiplex record of the hologram of two or more sheets at the 1st hologram record medium using the same reference beam while changing whenever [ incident angle / of body light ], whenever it records the hologram of one sheet, The 1st playback means which bundles up the hologram of two or more sheets by which multiplex record was carried out with the record means of the above 1st at the hologram record medium of the above 1st, and is reproduced, Playback light of the hologram of two or more sheets which bundled up with the playback means of the above 1st and was reproduced is made into body light. The 2nd record means which carries out two or more sheet multiplex record at the 2nd record medium using a reference beam which is different in the multiplex record hologram which the hologram of two or more above-mentioned sheets piles up, and it comes to make into one hologram, The hologram record regenerative apparatus characterized by having the 2nd playback means which reproduces a desired multiplex record hologram selectively among the multiplex record holograms of two or more sheets by which multiplex record was carried out with the record means of the above 2nd at the hologram record medium of the above 2nd.

[Claim 2] The hologram record regenerative apparatus according to claim 1 characterized by having a hologram extract means to extract a desired hologram among the holograms of two or more sheets which constitute the multiplex record hologram reproduced by the playback means of the above 2nd.

[Claim 3] The above-mentioned hologram extract means is a hologram record regenerative apparatus according to claim 2 characterized by extracting a desired hologram by filtering the playback light of the multiplex record hologram reproduced by the playback means of the above 2nd on the fourier side of an image using spatial opening.

[Claim 4] The above-mentioned hologram extract means is a hologram record regenerative apparatus according to claim 2 characterized by extracting a desired hologram by penetrating or reflecting selectively the playback light of the multiplex record hologram reproduced by the playback means of the above 2nd by the component which has angular dependence.

[Claim 5] The hologram record regenerative apparatus according to claim 1 characterized by using a hologram record ingredient recordable only at once as a hologram record medium of the above 2nd using a hologram record ingredient rewritable as a hologram record medium of the above 1st.

[Claim 6] The record means of the above 1st is equipped with the micro-lens array which comes to arrange two or more micro lenses corresponding to each pixel of a space optical modulator and this space optical modulator. The spot in the focal plane of each above-mentioned micro lens is made to separate by changing the incident angle of the light which carries out incidence to the above-mentioned space optical modulator. One image displayed on the above-mentioned space optical modulator is divided into two or more images, and multiplex record is carried out as a hologram of two or more sheets at the 1st record medium of the above. The playback means of the above 2nd The hologram record regenerative apparatus according to claim 1 characterized by reproducing the multiplex record hologram which the hologram of two or more sheets by which one image displayed on the above-mentioned space optical modulator was divided piles up, and it comes to unite.

[Claim 7] The hologram record regenerative apparatus according to claim 6 characterized by having a display means to display the multiplex record hologram reproduced by the playback means of the

above 2nd as one image.

[Claim 8] The hologram record regenerative apparatus according to claim 6 characterized by having a hologram extract means to extract a desired hologram among the holograms of two or more sheets which constitute the multiplex record hologram reproduced by the playback means of the above 2nd.

[Claim 9] The 1st step which carries out multiplex record of the hologram of two or more sheets at the 1st hologram record medium using the same reference beam while changing whenever [ incident angle / of body light ], whenever it records the hologram of one sheet, The 2nd step which bundles up the hologram of two or more sheets by which multiplex record was carried out to the hologram record medium of the above 1st, and is reproduced to it in the 1st step of the above, Playback light of the hologram of two or more sheets collectively reproduced in the 2nd step of the above is made into body light. The 3rd step which carries out two or more sheet multiplex record at the 2nd record medium using a reference beam which is different in the multiplex record hologram which the hologram of two or more above-mentioned sheets piles up, and it comes to make into one hologram, The hologram record playback approach characterized by passing through the 4th step which reproduces a desired multiplex record hologram selectively to the hologram record medium of the above 2nd among the multiplex record holograms of two or more sheets by which multiplex record was carried out in the 3rd step of the above.

[Claim 10] The hologram record playback approach according to claim 9 characterized by passing through the 5th step which extracts a desired hologram among the holograms of two or more sheets which constitute the multiplex record hologram reproduced in the 4th step of the above.

[Claim 11] The 5th step of the above is the hologram record playback approach according to claim 10 characterized by extracting a desired hologram by filtering the playback light of the multiplex record hologram reproduced in the 4th step of the above on the fourier side of an image using spatial opening.

[Claim 12] The 5th step of the above is the hologram record playback approach according to claim 10 characterized by extracting a desired hologram by penetrating or reflecting selectively the playback light of the multiplex record hologram reproduced in the 4th step of the above by the component which has angular dependence.

[Claim 13] The hologram record playback approach according to claim 9 characterized by using a hologram record ingredient recordable only at once as a hologram record medium of the above 2nd using a hologram record ingredient rewritable as a hologram record medium of the above 1st.

[Claim 14] In the 1st step of the above, the micro-lens array which comes to arrange two or more micro lenses corresponding to each pixel of a space optical modulator and this space optical modulator is used. The spot in the focal plane of each above-mentioned micro lens is made to separate by changing the incident angle of the light which carries out incidence to the above-mentioned space optical modulator. Divide into two or more images one image displayed on the above-mentioned space optical modulator, carry out multiplex record as a hologram of two or more sheets at the 1st record medium of the above, and it sets to the 4th step of the above. The hologram record playback approach according to claim 9 characterized by reproducing the multiplex record hologram which the hologram of two or more sheets by which one image displayed on the above-mentioned space optical modulator was divided piles up, and it comes to unite.

[Claim 15] The hologram record playback approach according to claim 14 characterized by displaying the multiplex record hologram reproduced in the 4th step of the above as one image.

[Claim 16] The hologram record playback approach according to claim 14 characterized by passing through the 5th step which extracts a desired hologram among the holograms of two or more sheets which constitute the multiplex record hologram reproduced in the 4th step of the above.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the hologram record regenerative apparatus and the hologram record playback approach of reproducing the data which recorded data on the hologram record medium using the cross protection of body light and a reference beam, or were recorded on the hologram record medium.

[0002]

[Description of the Prior Art] By making the body light conventionally modulated according to the data which should be recorded, and a reference beam interfere in the hologram record medium which discovers a big photorefractive effect The hologram play back system which reproduces the data recorded on this hologram record medium is proposed by reading to the hologram record medium with which data were recorded on this hologram record medium as an interference fringe, and data were recorded by the same angle of incidence as a reference beam, and carrying out incidence of the light.

[0003] In this hologram play back system, since the light modulated according to the data for one image displayed on this space optical modulator by penetrating space optical modulators, such as a liquid crystal display panel (LCD), for example carries out incidence into a hologram record medium as a body light, the data for one image will be recorded on a hologram record medium at once as one hologram. And it will be reproduced in the hologram unit which contains the data for this one image at the time of playback. Therefore, even if it compares this hologram play back system with the play back system using the optical disk whose rapid access is made possible for example comparatively as a record medium, it has the description that a more nearly high-speed data access is possible.

[0004] Moreover, in this hologram play back system, the so-called multiplex record which records many holograms on one hologram record medium in piles is possible by, for example, changing the incident angle of a reference beam, whenever it records one hologram etc. Therefore, this hologram play back system has the description that data are dramatically recordable on high density.

[0005] From the above point, the hologram play back system attracts attention as a play back system to which the improvement in recording density and the improvement in the speed of a data access which are demanded with development of an information industry in recent years are satisfied.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, in this hologram play back system, the multiplex record which realizes high density record is restricted by decline in the diffraction efficiency produced by elimination at the time of record or playback. That is, when performing multiplex record, in case the hologram previously recorded on the hologram record medium records a next hologram, in response to elimination, diffraction efficiency falls somewhat. Moreover, as for each hologram recorded on the hologram record medium by multiplex record, diffraction efficiency falls somewhat also by exposure at the time of playback. In addition, decline in diffraction efficiency with time arises by diffusion of the electron according to the dark current also in the long run.

[0007] As mentioned above, when, as for each hologram by which multiplex record was carried out, diffraction efficiency falls to a hologram record medium by elimination etc., the S/N ratio at the time of playback will fall gradually.

[0008] Diffraction-efficiency etawritw at the time of record of each hologram recorded on a

hologram record medium (t) is given by the degree type (1).

[0009]

$\eta_{\text{writw}}(t) = \eta_0 - (1 - e^{-\alpha I t}) \dots (1)$

Here, the time amount to which the time constant at the time of record and I set the time of record as the optical reinforcement of a spatial average, and t set alpha to 0, and eta 0 are saturation diffraction efficiency.

[0010] Moreover, when reproducing each hologram by which multiplex record was carried out, diffraction-efficiency  $\eta_{\text{aread}}$  in the case of eliminating the hologram recorded previously by the optical exposure at the time of recording a next hologram (t) is given by the degree type (2).

[0011]

$\eta_{\text{aread}}(t) = \eta_1 \text{ and } e^{-\alpha I t} \dots (2)$

here -- alpha -- ' -- as for the time constant at the time of playback (or elimination), and I, average optical reinforcement and eta 1 are initial diffraction efficiency.

[0012] From the above formula, playback shows that the diffraction efficiency of each hologram recorded on the hologram record medium falls exponentially ("photorefractive non-linear optics" P.YEH work, Maruzen \*\*\*\*\*). If multiplex record is carried out at this time so that the diffraction efficiency of all holograms may become equal, it is known that the final diffraction efficiency of each hologram is in inverse proportion to the square of record number of sheets ("System metric for holographic memory system", Fai H.Mok, Geoffrey W.Burr and Demetri Psaltis, OpticsLetters, 21, pp.896, 1996 reference).

[0013] For example, when the hologram of 1000 sheets is recorded by equal reinforcement, the diffraction efficiency of each hologram falls about to ten to six compared with the case where the hologram of one sheet is recorded.

[0014] As mentioned above, when diffraction efficiency falls, the S/N ratio at the time of playback will fall. And if lowering of the S/N ratio at the time of playback is large, a signal component will be buried in a noise and will become unreproducible. Therefore, in order to secure refreshable diffraction efficiency, the number of sheets of the hologram recorded on a hologram record medium needed to be restricted, and this had become the factor which restricts the storage capacity of the data recorded on a hologram record medium.

[0015] Therefore, in the hologram play back system, to raise the storage capacity of data is set to one of the technical problems for pulling out the focus of this method to the maximum extent, and generally spreading this method widely by suppressing decline in diffraction efficiency as much as possible, and performing multiplex record.

[0016] As a means to suppress decline in diffraction efficiency as much as possible, and to perform multiplex record The hologram by which multiplex record was carried out is considered as a master. Furthermore, the hologram the method of carrying out multiplex record is proposed by another hologram (Mark Armstrong [ Johnson and ] "Multiple multiple-exposure hologram" and Kristina M. --) Lambertus Hesselink, and Joseph W.Goodman, Applied Optics, 24, pp.4467-4472, 1985 reference.

[0017] This approach is explained below. First, the hologram of m sheets is recorded on the 1st hologram record medium using a common reference beam. And the hologram of m sheets recorded on this 1st hologram record medium is reproduced collectively, and it records on the 2nd hologram record medium by making that playback light into body light. Next, the hologram of m sheets is again recorded on the 1st hologram record medium, and copy record of this is carried out using the same reference beam as the time of recording the first hologram of m sheets on the 2nd hologram record medium. The above procedure is wound n times and returned. Consequently, multiplex record of the hologram of \*\* (nxm) will be carried out at the 2nd hologram record medium.

[0018] If this hologram is reproduced, since the hologram of \*\* will be put [ it piles it up and ] together and reproduced simultaneously (nxm), the image of a layer (nxm) can be piled up and it can display simultaneously. If a solid fault is recorded using this approach, the whole stereo can be displayed in three dimensions.

[0019] The diffraction efficiency at this time can be increased m times compared with the case where it records to the usual recording schedule. That is, if the hologram of m sheets is recorded on the 1st hologram record medium, the diffraction efficiency of each hologram will be set to  $1/m^2$ . However,

since this hologram of  $m$  sheets is recorded as a hologram of one sheet at the time of the copy to the 2nd hologram record medium, total of the diffraction efficiency of the hologram of  $m$  sheets is set to  $1/n^2$ . Therefore, when all of the hologram of  $m$  sheets reproduce equal diffraction efficiency, then the second equal hologram, the diffraction efficiency per hologram of one sheet is one of them  $m$ , and the final diffraction efficiency per sheet is  $1/(m \times n^2)$ . On the other hand, the diffraction efficiency at the time of carrying out multiplex record of the hologram of  $m$  ( $n \times m$ ) to the usual recording schedule is  $1/(m^2 \times n^2)$ . Therefore, it turns out by copying a hologram by the above approach that diffraction efficiency increased  $m$  times.

[0020] However, since this approach is proposed for the purpose of piling up a cross section and displaying a solid image, bundles up the hologram by which multiplex record was carried out to the 1st hologram record medium and reproduced to it as mentioned above. In case each hologram is recorded on the 1st hologram record medium, the common reference beam is used, after all the holograms have piled up at the time of playback, it is reproduced simultaneously, and one-sheet the hologram of one sheet cannot be separated. Therefore, the application of those other than a special application which was mentioned above is difficult for this approach, and it has come to solve the above-mentioned technical problem intrinsically.

[0021] Then, this invention performs multiplex record, suppressing decline in diffraction efficiency as much as possible, and aims at offering the hologram record regenerative apparatus and the hologram record playback approach of enabling record playback of mass data.

[0022]

[Means for Solving the Problem] In order that the hologram record regenerative apparatus concerning this invention may solve the above-mentioned technical problem. The 1st record means which carries out multiplex record of the hologram of two or more sheets at the 1st hologram record medium using the same reference beam while changing whenever [incident angle / of body light], whenever it records the hologram of one sheet. The 1st playback means which bundles up the hologram of two or more sheets by which multiplex record was carried out with this 1st record means at the 1st hologram record medium, and is reproduced. Playback light of the hologram of two or more sheets which bundled up with this 1st playback means and was reproduced is made into body light. The 2nd record means which carries out two or more sheet multiplex record at the 2nd record medium using a reference beam which is different in the multiplex record hologram which the hologram of two or more above-mentioned sheets piles up, and it comes to make into one hologram. It has the 2nd playback means which reproduces a desired multiplex record hologram selectively among the multiplex record holograms of two or more sheets by which multiplex record was carried out with this 2nd record means at the 2nd hologram record medium.

[0023] According to this hologram record regenerative apparatus, multiplex record of the hologram of two or more sheets is carried out by the 1st record means at the 1st record medium. At this time, each hologram is recorded on the 1st hologram record medium using the same reference beam, changing whenever [incident angle / of body light], respectively.

[0024] The hologram of two or more sheets by which multiplex record was carried out with the 1st record means at the 1st hologram record medium is put in block with the 1st playback means, and is reproduced. That is, by reading to the 1st hologram record medium by the same incident angle as the reference beam used when the 1st record means recorded the hologram of two or more sheets on the 1st hologram record medium, and carrying out incidence of the light, the 1st playback means bundles up the hologram of two or more sheets by which multiplex record was carried out to the 1st hologram record medium, and is reproduced to it.

[0025] The hologram of two or more sheets which bundled up with the 1st playback means and was reproduced is made into the condition that each hologram piled up. And this hologram of two or more sheets will pile up, and the multiplex record hologram which it comes to make into one hologram will be again recorded on the 2nd hologram record medium by the 2nd record means. That is, the 2nd record means records this multiplex record hologram on the 2nd hologram record medium again, using the playback light of the hologram (multiplex record hologram) of two or more sheets which bundled up with the 1st playback means and was reproduced as a body light. And the 2nd record means carries out two or more sheet multiplex record of the multiplex record hologram at the 2nd record medium using a different reference beam.



[0026] The multiplex record hologram of two or more sheets by which multiplex record was carried out with the 2nd record means at the 2nd hologram record medium is selectively reproduced by the 2nd playback means. That is, the 2nd playback means reproduces a desired multiplex record hologram by choosing the incident angle of read-out light, when multiplex record of the multiplex record hologram of two or more sheets is carried out by include-angle multiplex at the 2nd hologram record medium.

[0027] In addition, as for the hologram record regenerative apparatus concerning this invention, it is desirable to have a hologram extract means to extract a desired hologram among the holograms of two or more sheets which constitute the multiplex record hologram reproduced by the 2nd playback means. What extracts a desired hologram, and the thing which extract a desired hologram by penetrating or reflecting selectively the playback light of the multiplex record hologram reproduced by the 2nd playback means by the component which has angular dependence can consider by filtering the playback light of the multiplex record hologram reproduced by the 2nd playback means on the fourier side of an image using spatial opening as this hologram extract means, for example.

[0028] Moreover, as for the hologram record regenerative apparatus concerning this invention, it is desirable to use a hologram record ingredient recordable only at once [ , such as a photopolymer, ] as 2nd hologram record medium as 1st hologram record medium using the rewritable hologram record ingredient of for example, a photorefractive crystal etc.

[0029] Moreover, the hologram record regenerative apparatus concerning this invention The 1st record means is equipped with the micro-lens array which comes to arrange two or more micro lenses corresponding to each pixel of a space optical modulator and this space optical modulator. The spot in the focal plane of each micro lens is made to separate by changing the incident angle of the light which carries out incidence to a space optical modulator. Divide into two or more images one image displayed on the space optical modulator, and multiplex record is carried out as a hologram of two or more sheets at the 1st record medium. You may make it the 2nd playback means reproduce the multiplex record hologram which the hologram of two or more sheets by which one image displayed on the space optical modulator was divided piles up, and it comes to unite.

[0030] In this case, the multiplex record hologram reproduced by the 2nd playback means is displayed as one image for example, by the display means. Or a desired hologram is extracted by the hologram extract means among the holograms of two or more sheets which constitute a multiplex record hologram.

[0031] Moreover, the hologram record playback approach concerning this invention Changing whenever [ incident angle / of body light ], whenever it records the hologram of one sheet, in order to solve the above-mentioned technical problem The 1st step which carries out multiplex record of the hologram of two or more sheets at the 1st hologram record medium using the same reference beam, The 2nd step which bundles up the hologram of two or more sheets by which multiplex record was carried out to the 1st hologram record medium, and is reproduced to it in the 1st step, Playback light of the hologram of two or more sheets collectively reproduced in the 2nd step is made into body light. The 3rd step which carries out two or more sheet multiplex record at the 2nd record medium using a reference beam which is different in the multiplex record hologram which the hologram of two or more above-mentioned sheets piles up, and it comes to make into one hologram, In the 3rd step, it is characterized by passing through the 4th step which reproduces a desired multiplex record hologram selectively to the 2nd hologram record medium among the multiplex record holograms of two or more sheets by which multiplex record was carried out.

[0032] According to this hologram record playback approach, in the 1st step, multiplex record of the hologram of two or more sheets is carried out at the 1st record medium. At this time, each hologram is recorded on the 1st hologram record medium using the same reference beam, changing whenever [ incident angle / of body light ], respectively.

[0033] In the 1st step, the hologram of two or more sheets by which multiplex record was carried out is collectively reproduced by the 1st hologram record medium in the 2nd step. That is, at the 2nd step, by reading to the 1st hologram record medium by the same incident angle as the reference beam used when the hologram of two or more sheets was recorded on the 1st hologram record medium in the 1st step, and carrying out incidence of the light, the hologram of two or more sheets by which multiplex record was carried out is put in block to the 1st hologram record medium, and it



reproduces to it.

[0034] The hologram of two or more sheets collectively reproduced in the 2nd step is made into the condition that each hologram piled up. And this hologram of two or more sheets will pile up, and the multiplex record hologram which it comes to make into one hologram will be again recorded on the 2nd hologram record medium in the 3rd step. That is, at the 3rd step, this multiplex record hologram is again recorded on the 2nd hologram record medium, using the playback light of the hologram (multiplex record hologram) of two or more sheets which bundled up with the 1st playback means and was reproduced as a body light. And at the 3rd step, two or more sheet multiplex record of the multiplex record hologram is carried out at the 2nd record medium using a different reference beam.

[0035] In the 3rd step, the multiplex record hologram of two or more sheets by which multiplex record was carried out is selectively reproduced by the 2nd hologram record medium in the 4th step. That is, at the 4th step, when multiplex record of the multiplex record hologram of two or more sheets is carried out by include-angle multiplex at the 2nd hologram record medium, a desired multiplex record hologram is reproduced by choosing the incident angle of read-out light, for example.

[0036] In addition, as for the hologram record playback approach concerning this invention, it is desirable to pass through the 5th step which extracts a desired hologram among the holograms of two or more sheets which constitute the multiplex record hologram reproduced in the 4th step. It is possible to extract a desired hologram, to extract a desired hologram by penetrating or reflecting selectively the playback light of the multiplex record hologram reproduced by the 2nd playback means by the component which has angular dependence, etc. with this 5th step by, for example, filtering the playback light of the multiplex record hologram reproduced in the 4th step on the fourier side of an image using spatial opening.

[0037] Moreover, as for the hologram record playback approach concerning this invention, it is desirable to use a hologram record ingredient recordable only at once [ , such as a photopolymer, ] as 2nd hologram record medium as 1st hologram record medium using the rewritable hologram record ingredient of for example, a photorefractive crystal etc.

[0038] Moreover, the hologram record playback approach concerning this invention In the 1st step, the micro-lens array which comes to arrange two or more micro lenses corresponding to each pixel of a space optical modulator and this space optical modulator is used. The spot in the focal plane of each micro lens is made to separate by changing the incident angle of the light which carries out incidence to a space optical modulator. Divide into two or more images one image displayed on the space optical modulator, carry out multiplex record as a hologram of two or more sheets at the 1st record medium, and it sets to the 4th step. You may make it the hologram of two or more sheets by which one image displayed on the space optical modulator was divided reproduce the multiplex record hologram which it piles up and comes to unite.

[0039] In this case, the multiplex record hologram reproduced in the 4th step is displayed as for example, one image. Or in the 5th step, a desired hologram is extracted among the holograms of two or more sheets which constitute a multiplex record hologram.

[0040]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained with reference to a drawing.

[0041] The example of 1 configuration of the hologram record regenerative apparatus which applied this invention is shown in drawing 1 . The hologram record regenerative apparatus 1 shown in this drawing 1 is equipped with the light source 2 to which wavelength width of face carries out outgoing radiation of the sufficiently narrow high laser beam of coherence. On the optical path of the laser beam by which outgoing radiation is carried out from this light source 2, the collimator lens 3 which changes this laser beam into parallel light, and the 1st beam splitter 4 for branching the optical path of the laser beam changed into parallel light by this collimator lens 3 are arranged. The 1st beam splitter 4 branches the optical path of this laser beam by reflecting other parts and bending that optical path about 90 degrees, for example while penetrating a part of laser beam changed into parallel light by the collimator lens 3.

[0042] It is reflected by the 1st beam splitter 4 and the 1st shutter 5 which switches ON/OFF of this laser beam, and the 1st beam deflector 6 which controls the travelling direction of this laser beam are

arranged on the optical path of the laser beam by which the optical path was bent. By deflecting the laser beam which carried out incidence by the predetermined deflection angle, and penetrating or reflecting it, the 1st beam deflector 6 controls the travelling direction of this laser beam, and consists of an acoustooptic deflector, an electrooptic deflector, a galvanomirror, etc. In addition, you may make it this 1st beam deflector 6 deflect a laser beam in the direction of a single dimension, and may make it deflect it in the direction of two dimension.

[0043] On the optical path of the laser beam by which the travelling direction was controlled by this 1st beam deflector 6, the space optical modulator 7 and the 1st hologram record medium 8 are arranged. And between the 1st beam deflector 6 and the space optical modulator 7, the lenses 9 and 10 for projecting the outgoing radiation side of the 1st beam deflector 6 on the space optical modulator 7 are arranged. In addition, the case where the outgoing radiation side of the 1st beam deflector 6 is projected on the space optical modulator 7 by actual size is considered, both the focal distances of a lens 9 and a lens 10 are set to  $F$ , the 1st beam deflector 7 is arranged on the focal plane of a lens 9, and he arranges the space optical modulator 7 on the focal plane of a lens 10, and is trying to set spacing of a lens 9 and a lens 10 to  $2F$  in the example shown in drawing 1.

[0044] Here, since the product of the incident light to each side and an angle of incidence is more fixed than the relation of RAGURANJIE helmholtz, if a beam of light is expanded, the deflection angle of a beam will be reduced. Conversely, a beam diameter must be reduced if it is going to enlarge the deflection angle of a beam. Therefore, if required, it is desirable to set the diameter of outgoing radiation of the outgoing beam in this projection scale factor or the 1st beam deflector 7 as a suitable value.

[0045] The space optical modulator 7 consists of a liquid crystal display (LCD) of for example, a transparency mold etc., and displays the image according to a picture signal on a display. And the space optical modulator 7 is modulated according to the image which displayed this laser beam on the display by making this display penetrate the laser beam by which outgoing radiation was carried out from the 1st beam deflector 6.

[0046] In this hologram record regenerative apparatus 1, as mentioned above, it is reflected by the 1st beam splitter 4, and let the laser beam modulated by the space optical modulator 7 be body light after deviating with the 1st beam deflector 6.

[0047] Between the space optical modulator 7 and the 1st hologram record medium 8, the lens 11 for carrying out the Fourier transform of the body light modulated according to the image displayed on the display of the space optical modulator 7 is arranged. In addition, he sets the focal distance of a lens 11 to  $f$ , and is trying to arrange the space optical modulator 7 and the 1st hologram record medium 8 on the focal plane of a lens 11 in the example shown in drawing 1, respectively. Here, the 1st hologram record medium 8 makes the core the criteria of a location.

[0048] By penetrating a lens 11, the Fourier transform of the body light modulated by the space optical modulator 7 after deviating with the 1st beam deflector 6 is carried out, and it carries out incidence to the 1st hologram record medium 8 arranged near [ the ] the fourier side by the incident angle according to the deflection angle by the 1st beam deflector 6.

[0049] On the other hand, on the optical path of the laser beam which penetrated the 1st beam splitter 4, it is reflected by the clinch mirror 12 which reflects this laser beam and bends that optical path about 90 degrees, and this clinch mirror 12, and the 2nd beam splitter 13 for branching the optical path of the laser beam by which the optical path was bent is arranged. The 2nd beam splitter 13 branches the optical path of this laser beam by reflecting other parts and bending that optical path about 90 degrees, for example while penetrating a part of laser beam reflected by the clinch mirror 12.

[0050] It is reflected by the 2nd beam splitter 13 and the 2nd shutter 14 which switches ON/OFF of this laser beam is arranged on the optical path of the laser beam by which the optical path was bent. Moreover, on the optical path of the laser beam which penetrated the 2nd beam splitter 13, the 3rd shutter 15 which switches ON/OFF of this laser beam is arranged.

[0051] And in this hologram record regenerative apparatus 1, when the 2nd shutter 14 is opened, it is reflected by the 2nd beam splitter 13 and the laser beam by which the optical path was bent is made as [ carry out / as a reference beam / by the predetermined incident angle / to the hologram record medium 8 of the above 1st / incidence ].

[0052] Therefore, this hologram record regenerative apparatus 1 By opening the 1st shutter 5 and 2nd shutter 14, and carrying out outgoing radiation of the laser beam from the light source 2, where the 3rd shutter 15 is closed The body light which becomes irregular with the space optical modulator 7, and carries out incidence to the 1st hologram record medium 8 by the incident angle according to the deflection angle by the 1st beam deflector 6, The reference beam which carries out incidence to the 1st hologram record medium 8 by the predetermined incident angle can be made to be able to interfere in the 1st hologram record medium 8, and it can record on the 1st hologram record medium 8 by making into a hologram the image displayed on the space optical modulator 7.

[0053] Changing the incident angle to the 1st hologram record medium 8 of the body light which penetrated the space optical modulator 7 by changing the deflection angle according the above record process to the 1st beam deflector 6, the hologram record regenerative apparatus 1 concerning this invention is repeatedly performed using the same reference beam, and carries out multiplex record of the hologram of two or more sheets at the 1st hologram record medium 8. Hereafter, this record process is called 1st step.

[0054] The recording schedule in the 1st step is set up so that, as for the hologram record regenerative apparatus 1, \*\* "a page" by which multiplex record was carried out may have equal diffraction efficiency in the 1st hologram record medium 8 altogether at the time of playback.

[0055] In addition, the multiplex record hologram which the "page" of these plurality piles up one-sheet the hologram of one sheet recorded on the 1st hologram record medium 8 in the following explanation by carrying out multiplex record of a "page", calls, and these \*\* "a page" at the 1st hologram record medium using the same reference beam, and it comes to unite for the facilities of explanation will be called a "chapter."

[0056] In the 1st step, all the "pages" by which multiplex record was carried out is recorded on the 1st hologram record medium 8 using the same reference beam, as mentioned above. Therefore, if incidence of the same light as the reference beam used when \*\* "a page" was recorded is carried out to the 1st hologram record medium 8 as a read-out light, the hologram record regenerative apparatus 1 can bundle up all the "pages" of the "chapter" recorded on the 1st hologram record medium 8, and can be reproduced. Hereafter, this renewal process is called 2nd step.

[0057] On the optical path of the playback light reproduced in the 2nd step, the 2nd hologram record medium 18 in which the playback light which penetrated the lenses 16 and 17 for carrying out the Fourier transform of this playback light and these lenses 16 and 17 carries out incidence as a body light is arranged. In addition, the focal distance of lenses 16 and 17 is set to  $f$ , the 1st hologram record medium 8 is located on the focal plane of a lens 16, the 2nd hologram record medium 18 is located on the focal plane of a lens 17, and he is trying to set [ in / both / the example shown in drawing 1 ] spacing of a lens 16 and a lens 17 to  $2f$ . Here, the 2nd hologram record medium 18 makes the core the criteria of a location.

[0058] In the 2nd step, if the Fourier transform of "all the pages reproduced from the 1st hologram record medium 8", i.e., "chapters", is carried out with a lens 16, the reconstruction image of a "chapter" will be reproduced by the reconstruction image side which is a focal plane of a lens 16. Since the reconstruction image of the "chapter" reproduced by this reconstruction image side is made into the condition that the reconstruction image of all the "pages" that constitutes a "chapter" piles up coherent, is put together, and interfered each other, it cannot distinguish and read \*\* "a page" from this image.

[0059] The hologram record regenerative apparatus 1 concerning this invention carries out the Fourier transform of the reconstruction image of the "chapter" reproduced by this reconstruction image side with a lens 17 again, and he is trying to make it it carry out incidence to the 2nd hologram record medium 18 arranged near [ that ] the fourier side at an angle of predetermined by making into body light the image by which the Fourier transform was carried out.

[0060] On the optical path of the laser beam which, on the other hand, penetrated the 2nd beam splitter 13 mentioned above, the 2nd beam deflector 19 which controls the travelling direction of this laser beam is arranged. By deflecting the laser beam which carried out incidence by the predetermined deflection angle, and penetrating or reflecting it like the 1st beam deflector 4, this 2nd beam deflector 19 controls the travelling direction of this laser beam, and consists of an acoustooptic deflector, an electrooptic deflector, a galvanomirror, etc. However, since this 2nd beam deflector 19

is used as a means to change the incident angle of a reference beam in order to record a "chapter" on the 2nd hologram record medium 18 by include-angle multiplex, it cannot deflect a laser beam in the direction of two dimension, but it is necessary to make it deflect it in a 1-dimensional side including a body light optical axis. It is because degeneration will arise and two or more holograms will be simultaneously reproduced, if a reference beam is scanned in the direction vertical to the flat surface which a reference beam and body light make (refer to "photorefractive non-linear optics", P.Yeh, and Maruzen). However, when performing fractal multiplex, a laser beam can be deflected also in the direction vertical to the flat surface which this the reference beam and body light instead of a limitation make, but when so many multiplicities cannot be obtained, in order that the location of a reconstruction image may shift in the direction vertical to the flat surface which a reference beam and body light make, electric eyes, such as CCD, must be moved or means, such as using big CCD, must be provided.

[0061] In the hologram record regenerative apparatus 1 concerning this invention, the 2nd beam splitter 13 is penetrated and the laser beam by which the travelling direction was controlled by the 2nd beam deflector 19 is made as [ carry out / as a reference beam / by the incident angle according to the deflection angle by the 2nd beam deflector 19 / to the 2nd hologram record medium 18 / incidence ].

[0062] Therefore, this hologram record regenerative apparatus 1 By closing the 1st shutter 5, opening the 2nd and 3rd shutters 14 and 15, and carrying out outgoing radiation of the laser beam from the light source 2 While reproducing \*\* by which multiplex record was carried out "a page", i.e., a "chapter", to the 1st hologram record medium 8 and carrying out incidence to the 2nd hologram record medium 18 by the predetermined incident angle by making this playback light into body light The laser beam which penetrated the 2nd beam splitter 13 is deflected with the 2nd beam deflector 19. Incidence is carried out to the 2nd hologram record medium 18 as a reference beam by the incident angle according to this deflection angle. Such light can be made to be able to interfere in the 2nd hologram record medium 18, and all the "pages" that constitutes a "chapter" can record the multiplex record hologram which it piles up and comes to unite on the 2nd hologram record medium 18 as a hologram of one sheet.

[0063] The hologram record regenerative apparatus 1 concerning this invention should pass the above record process. When all the "pages" that constitutes a "chapter" records the multiplex record hologram which it piles up and comes to unite on the 2nd hologram record medium 18 as a hologram of one sheet Again, it returns to the 1st step, multiplex record of the "page" new to the 1st hologram record medium 8 is carried out, and new "chapter" is constituted in the 1st hologram record medium 8. Before recording new "chapter" on the 1st hologram record medium 8 at this time, you may make it eliminate all the "pages" of the old "chapter" recorded on the 1st hologram record medium 8 using means, such as an optical exposure and heating.

[0064] If new "chapter" is recorded on the 1st hologram record medium 8, this "chapter" will be reproduced by the 2nd step. And incidence is again carried out to the 2nd hologram record medium 18 by making the reconstruction image of this "chapter" into body light. At this time, by changing the deflection angle by the 2nd beam deflector 19, the angle of incidence to the 2nd hologram record medium 18 of a reference beam is changed with the time of pre- "chapter" record, and new "chapter" is recorded on the 1st hologram record medium 18. This procedure is repeated and two or more "chapters" is recorded on the 2nd record medium 18 by the so-called include-angle multiplex record. Hereafter, this record process is called 3rd step.

[0065] The recording schedule in the 3rd step is set up so that, as for the hologram record regenerative apparatus 1, \*\* "a chapter" by which multiplex record was carried out may have equal diffraction efficiency in the 2nd hologram record medium 18 altogether at the time of playback.

[0066] in addition, the "chapter" which consists of a "page" by which multiplex record was carried out by the same reference beam in the following explanation for the facilities of explanation -- the 2nd hologram record medium 18 -- "-- the whole hologram which carried out multiplex record using a reference beam which is different in every chapter" will be called a "book."

[0067] In order for two or more "chapters" to reproduce desired "chapter" to the 2nd hologram record medium 18 in the 3rd step among the "books" which comes to carry out multiplex record Where closing and the 3rd shutter 15 are opened for the 1st shutter 5 and 2nd shutter 14, carry out

outgoing radiation of the laser beam from the light source 2, and the deflection angle by the 2nd beam deflector 19 is adjusted. What is necessary is just to carry out incidence of the same light as the reference beam used when the "chapter" to reproduce was recorded to the 2nd hologram record medium 18 as a read-out light. Hereafter, this renewal process is called 4th step.

[0068] On the optical path of the playback light reproduced in the 4th step, the lenses 20 and 21 for carrying out the Fourier transform of this playback light are arranged. The focal distance of lenses 20 and 21 is set to  $f$ , the 2nd hologram record medium 18 is located on the focal plane of a lens 20, and he is trying to set [ in / both / the example shown in drawing 1 ] spacing of a lens 20 and a lens 21 to  $2f$ .

[0069] In the 4th step, if the Fourier transform of the "chapter" selectively reproduced from the 2nd hologram record medium 18 is carried out with a lens 20, the reconstruction image of the "chapter" chosen as the reconstruction image side which is a focal plane of a lens 20 will be reproduced. However, as mentioned above, since the reconstruction image of the "chapter" reproduced by this reconstruction image side is made into the condition that the reconstruction image of all the "pages" that constitutes a "chapter" piles up coherent, is put together, and interfered each other, it cannot distinguish and read \*\* "a page" from this image.

[0070] Then, the hologram record regenerative apparatus 1 concerning this invention reproduces the reconstruction image of the "chapter" reproduced by this reconstruction image side to the reconstruction image side which is a focal plane of a lens 21 again about the image by which the Fourier transform was carried out by carrying out the Fourier transform with a lens 21. Here, the reconstruction image side which is a focal plane of a lens 21 is the Fourier transform side of the space optical modulator 7. Therefore, the parallel ray of a different direction in respect of the space optical modulator 7 will be condensed by different point in this reconstruction image side.

Specifically, the reconstruction image by which the space optical modulator 7 is reproduced by this reconstruction image side since that whose configuration of each pixel is rectangle opening is generally most takes the diffraction pattern in which the diffracted light spread in all directions.

[0071] The hologram record regenerative apparatus 1 concerning this invention includes even a primary positive/negative light of a reconstruction image in every direction in the reconstruction image side which is a focal plane of this lens 21, and arranges in it the hologram extract means 22 which filters and takes out the diffracted light of a specific "page" component, and he is trying to extract desired "page" out of the "chapter" reproduced by the reconstruction image side with this hologram extract means 22. Hereafter, the process in which the "page" of this request is extracted is called 5th step.

[0072] As a hologram extract means 22 used in the 5th step, aperture with movable opening can be considered, for example. That is, using this aperture, while making only the component of a desired "page" penetrate through opening out of the diffraction pattern of the whole "chapter", the diffracted light of other "pages" can be intercepted, and the image of that "page" can be restored to a backside [ a lens 23 ] focal plane by carrying out the Fourier transform of the diffracted light of the "page" component penetrated through opening again with the lens 23 arranged on that optical path.

[0073] And if the detector arrays 24, such as CCD, are arranged in a backside [ this lens 23 ] focal plane, the data of the "page" extracted by the hologram extract means 22 can be read.

[0074] Here, it is possible to use the liquid crystal shutter array 30 as shown in drawing 2 as aperture with movable opening, for example. It comes to arrange many arrays of the shutter to which this liquid crystal shutter array 30 becomes a filter side from the array of a liquid crystal cell 31. It comes to insert a liquid crystal cell 31 with two transparence substrates which were the same as that of the liquid crystal cell used for the panel for a display etc., and coated the orientation film and a transparent electrode for liquid crystal. And the transistor component and wiring which can drive each part independently are given to each [ these ] liquid crystal cell 31. The liquid crystal shutter array 30 can control the permeability of the light of each liquid crystal cell 31 by giving an electrical signal from the exterior to each [ these ] liquid crystal cell 31 according to an individual. Here, opening of each liquid crystal cell 31 is made as [ have / the configuration and magnitude which can choose only the diffracted light of a specific "page" spatially ].

[0075] If only the permeability of the liquid crystal cell 31 of the part corresponding to desired "page" is raised and the permeability of the liquid crystal cell 31 of other parts is made low using this

liquid crystal shutter array 30 While making only the component of a desired "page" penetrate through opening of the liquid crystal cell 31 of the part corresponding to this out of the diffraction pattern of the whole "chapter" as shown in drawing 3 , the diffracted light of other "pages" is intercepted, and desired "page" can be chosen and it can reproduce. The principle of operation of each liquid crystal cell 31 which constitutes this liquid crystal shutter array 30 can consider various things, and can use micro machines, such as a micro mirror array using various components known as a space optical modulator, for example, a reflective mold liquid crystal display, a mold light valve write-in [ optical ], and ultra-fine processing technology, etc.

[0076] Moreover, although opening is electrically moved like the liquid crystal shutter array 30 mentioned above as aperture with movable opening, you may make it use for others the shutter equipment to which for example, a machine target is made to move opening.

[0077] Moreover, as a hologram extract means 22 used in the 5th step, as shown in drawing 4 , what combined the beam deflection means 41 which makes adjustable the travelling direction of light, such as the aperture 40 which has fixed opening, and a galvanomirror, can be considered, for example. In this case, on the optical path of the playback light reproduced in the 4th step, it changes into a lens 20 and the lens 42 which changes this playback light into parallel light is arranged. And the beam deflection means 41 is arranged on the optical path of the playback light changed into parallel light by the lens 42. The diffraction pattern of all the "pages" that belongs to a "chapter" with this beam deflection means 41 in the focal plane of the lens 21 arranged in that latter part will be scanned. And aperture 40 is arranged in the focal plane of the lens 21 with which the diffraction pattern of all the "pages" belonging to a "chapter" is scanned.

[0078] The opening 43 which penetrates only the diffracted light of the "page" of one sheet chosen as aperture 40 from the diffraction patterns of the whole "chapter" is formed, for example in the core. And all of the diffracted light of "pages" other than the "page" as which this aperture 40 was chosen are made as [ intercept ]. Therefore, this tail hologram extract means 22 can extract desired "page" out of a "chapter" by making only the component of a desired "page" penetrate through the opening 43 of aperture 40 out of the diffraction pattern of the whole "chapter" deflected by the beam deflection means 41.

[0079] In addition, as long as the hologram extract means 22 can extract desired "page" out of a "chapter", it may be considered as the configuration which combined the example which may consider as the configuration of those other than the example mentioned above, and was mentioned above.

[0080] The part from the space optical modulator 7 of the hologram record regenerative apparatus 1 concerning this invention to the detector array 24 is expanded to drawing 5 , and is shown. Moreover, the intensity distribution of the laser beam in each side of (a) in drawing 5 - (g) are typically shown in drawing 6 (a) - drawing 6 (g).

[0081] In this hologram record regenerative apparatus 1, the laser beam which penetrates the space optical modulator 7 serves as a pattern like drawing 6 (a) in respect of (a) in drawing 5 . Moreover, the body light which carried out incidence to the 1st hologram record medium 8 serves as a pattern like drawing 6 (b) in respect of (b) in drawing 5 . Moreover, the playback light (body light) which penetrated the lens 16 serves as a pattern like drawing 6 (c) in respect of (c) in drawing 5 . Moreover, the body light which carried out incidence to the 2nd hologram record medium 18 serves as a pattern like drawing 6 (d) in respect of (d) in drawing 5 . Moreover, the playback light which penetrated the lens 20 serves as a pattern like drawing 6 (e) in respect of (e) in drawing 5 . Moreover, the playback light which penetrated the lens 21 serves as a pattern like drawing 6 (f) in respect of (f) in drawing 5 . Moreover, the playback light which carried out incidence to the detector array 24 serves as a pattern like drawing 6 (g) in respect of (g) in drawing 5 .

[0082] Here, since the body light (or playback light) of \*\* "a page" which constitutes a "chapter" is the beam of light of a different incident angle, it shows the diffraction pattern separated spatially in respect of the (b) side which is the fourier side, (d), and (f). Moreover, since all the "pages" belonging to a "chapter" is reproduced in respect of (f) which is the reconstruction image side of the "chapter" recorded on the (c) side and the 2nd hologram record medium 18 which are the reconstruction image side of the "chapter" recorded on the 1st hologram record medium 8, the pattern on top of which all the "pages" was laid coherent is observed. And in the hologram record



regenerative apparatus 1 concerning this invention, since desired "page" is extracted by the hologram extract means 22 out of the reconstruction image of this "chapter" and only the component of this "page" carries out incidence to the detector array 24, in respect of (g), this selected "page" of one sheet is observed.

[0083] Therefore, in the hologram record regenerative apparatus 1 concerning this invention, the 1st hologram record medium 8 will store information as a buffer memory temporarily, and the 2nd hologram record medium 18 will play a role of main memory. Here, when recording the "page" of m sheets on the 1st hologram and copying this to the 2nd hologram n times (i.e., when setting to 1 "a book" n "a chapter" which consists of m "a page", respectively), 1 "a book" consists of "(nxm) pages." this time -- 1 -- "-- the diffraction efficiency of per page" is  $1/(n^2xm)$ . Since the diffraction efficiency when carrying out multiplex record of the hologram to the usual recording schedule is  $1/(n^2xm^2)$ , it can increase the diffraction efficiency of each hologram m times at the time of carrying out multiplex record to the usual recording schedule by carrying out record playback of the hologram with the hologram record regenerative apparatus 1 concerning this invention.

[0084] When record playback of the hologram of 1000 sheets is specifically carried out as 100 "a page" and 10 "a chapter" with the hologram record regenerative apparatus 1 applied to this invention to the diffraction efficiency of the hologram of one sheet being set to  $10^{-6}$  when multiplex record of the hologram of 1000 sheets is carried out to the usual recording schedule, the diffraction efficiency of the hologram of one sheet is set to  $10^{-4}$ . Therefore, by carrying out record playback of the hologram of 1000 sheets as mentioned above using the hologram record regenerative apparatus 1 concerning this invention shows that the diffraction efficiency of the hologram of one sheet can be increased 100 times at the time of carrying out multiplex record to the usual recording schedule.

[0085] (Example using a micro-lens array) Next, the hologram record regenerative apparatus equipped with the micro-lens array which comes to arrange two or more micro lenses corresponding to each pixel of the space optical modulator 7 is explained. In addition, in the following explanation, the sign same about the same configuration as the hologram record regenerative apparatus 1 mentioned above is attached, and detailed explanation is omitted.

[0086] When a micro-lens array is used for a hologram record regenerative apparatus, by changing the incident angle of the light which carries out incidence to the space optical modulator 7, the spot in the focal plane of each micro lens can be made to be able to separate, and the image of one sheet displayed on the space optical modulator 7 can be divided into two or more images.

[0087] When a micro-lens array is used like this example, the principle of the hologram record regenerative apparatus 1 mentioned above will be applied for every pixel of the space optical modulator 7. Therefore, what is necessary is just to perform filtering by the hologram extract means 22 in each pixel unit in the image surface of a micro-lens array, in extracting specific "page" in this example.

[0088] The example of 1 configuration of the hologram record regenerative apparatus using a micro-lens array is shown in drawing 7. Here, only the part which performs record playback to the 1st hologram record medium 8 is illustrated and explained.

[0089] In the hologram record regenerative apparatus 50 shown in this drawing 7, after the laser light by which outgoing radiation was carried out from the light source 2 is changed into parallel light by the collimator lens 3, that optical path branches by the 1st beam splitter 4. And in the example shown in this drawing 7, it is reflected by the clinch mirror 12 and the laser beam reflected by the 1st beam splitter 4 carries out incidence to the 1st hologram record medium 8 by the predetermined incident angle as a reference beam. In addition, although the graphic display is omitted here, the reference beam which carries out incidence to the 2nd hologram record medium can be obtained by arranging the 2nd beam splitter on the optical path of the laser beam reflected by the clinch mirror 12.

[0090] The laser beam which penetrated the 1st beam splitter 4 is deflected by the predetermined deflection angle by the 1st beam deflector 6, such as a galvanomirror, and a travelling direction is controlled. the laser beam by which the travelling direction was controlled by the 1st beam deflector 6 -- \*\* -- "-- incidence is carried out to the space optical modulator 7 by incident angle which is different in every page." And let the laser beam modulated according to the image displayed on this space optical modulator 7 be body light.



[0091] The micro-lens array 51 is arranged in the outgoing radiation side of the space optical modulator 7 in this hologram record regenerative apparatus 50. Therefore, the body light modulated according to the image which penetrated the space optical modulator 7 and was displayed on this space optical modulator 7 is condensed by different micro-lens element for every pixel of the space optical modulator 7. The Fourier transform of the spot of each of this micro-lens element is carried out with a lens 11, and it carries out incidence to the 1st hologram record medium 8 as a body light. The body light condensed by the micro-lens element and the reference beam which carries out incidence to the 1st hologram record medium 8 by the predetermined incident angle can be made by this to be able to interfere in the 1st hologram record medium 8, and it can record on the 1st hologram record medium 8 by making into a "page" the image of the spot condensed by the micro-lens element.

[0092] Changing the incident angle of the laser beam which carries out incidence to the space optical modulator 7 by changing the deflection angle according the above record process to the 1st beam deflector 6, the hologram record regenerative apparatus 50 is repeatedly performed using the same reference beam, and carries out multiplex record of the plurality "a page" at the 1st hologram record medium 8.

[0093] The hologram record regenerative apparatus 50 using this micro-lens array 51 has the following descriptions as compared with the hologram record regenerative apparatus 1 mentioned above. That is, the reconstruction image acquired by carrying out the Fourier transform of the playback light of the hologram recorded on the 1st hologram record medium 8 with this hologram record regenerative apparatus 50 again is an image of the focal plane of the micro-lens array 51. Therefore, if each pixel can be separated in respect of a reconstruction image and detector arrays, such as CCD, are arranged in this reconstruction image side as it is shown in drawing 8 thru/or drawing 10, if sufficiently large include-angle spacing of the laser beam which carries out incidence to the space optical modulator 7 is taken in case different "page" is recorded, a high definition image is reproducible.

[0094] However, as the reconstruction image acquired by carrying out the Fourier transform of the playback light of the hologram recorded on the 1st hologram record medium 8 with the hologram record regenerative apparatus 50 using this micro-lens array 51 again is shown in drawing 11, it is the image with which the pixel of a different "page" comes to adjoin each other, and the pixel of the same "page" will be distributed periodically. Therefore, in order to reproduce the original "page", this image is rearranged into the original "page" by putting in block the image of the "chapter" recorded on the 1st hologram record medium 8 as well as the hologram record regenerative apparatus 1 mentioned above, reproducing, and performing electrical signal processing by hardware or software.

[0095] Moreover, the data recorded at the time of record may be processed so that a desired reconstruction image may be eventually acquired by reverse. Thus, if record data are processed so that a desired reconstruction image may be acquired eventually, this hologram record regenerative apparatus 50 can be used as an image display device. Since the display indicated in JP,7-36040,A was not able to display all pixels simultaneously, it had the problem that high-speed operation was required of a space optical modulator. However, since this hologram record regenerative apparatus 50 can display simultaneously all the "pages" contained in a "chapter", it can display a high definition image appropriately, without carrying out high-speed operation of the space optical modulator 7. Moreover, since this hologram record regenerative apparatus 50 can number [ of "Page" ] double the number of pixels of the space optical modulator 7, it can be used for the display of a high definition still picture display or a three dimensional image.

[0096] next, the hologram recorded on the 1st hologram record medium 8 with the hologram record regenerative apparatus 50 using this micro-lens array 51 -- "-- the case where extract one sheet at a time to every Paige", and it reproduces to it is explained. The part from the space optical modulator 7 of this hologram record regenerative apparatus 50 to the detector array 24 is illustrated to drawing 12. This hologram record regenerative apparatus 50 is characterized by changing into the lens 21 used in the hologram record regenerative apparatus 1 mentioned above, and arranging the micro-lens array 52, and using the angular dependence filter 53 as a hologram extract means 22.

[0097] As mentioned above, in this hologram record regenerative apparatus 50, the space optical

modulator 7 is penetrated and the image of the spot condensed by the micro-lens array 51 for every pixel of the space optical modulator 7 is recorded on the 1st hologram record medium 8 as "Paige." And multiplex record of two or more "Paige" is carried out by performing the above record process repeatedly using the same reference beam at the 1st hologram record medium 8, changing the incident angle of the laser beam which carries out incidence to the space optical modulator 7.

[0098] By reading the same light as the reference beam used at the time of record to this 1st hologram record medium 8, and carrying out incidence to it as a light, the image of "all Paige by whom multiplex record was done", i.e., "chapters", bundles up to the 1st hologram record medium 8, and is reproduced. And after this playback light penetrates a lens 16 and a lens 17, incidence is carried out to the 2nd hologram record medium 18 as a body light.

[0099] By making this body light and reference beam interfere in the 2nd hologram record medium 18, copy record of the "chapter" is carried out at the 2nd hologram record medium 18. the above record process -- each playback -- "-- multiplex record of two or more "chapters" is carried out by the multiplex approaches, such as include-angle multiplex, to the 2nd hologram record medium 18 by carrying out repeatedly using the reference beam to which the incident angle etc. was changed to every chapter."

[0100] In reproducing desired "chapter" from the 2nd hologram record medium, the same light as the reference beam used when recording this "chapter" is read, and it carries out incidence to the 2nd hologram record medium 18 as a light. Thereby, it is collectively reproduced by desired "chapter" from the 2nd hologram record medium 18. If the Fourier transform of this playback light is carried out with a lens 20, the image of all "Paige" contained in a "chapter" will be set [ it puts it on it and ] and reproduced by the focal plane of this lens 20.

[0101] the micro-lens array 52 by which the hologram regenerative apparatus 50 puts a focus on the focal plane of this lens 20 in a reconstruction image side -- each spot of this reconstruction image -- "-- it changes into the parallel light which advances at an include angle which is different in every Paige." This micro-lens array 52 is arranged so that each lens element may correspond to 1 pixel of the space optical modulator 7 by 1 to 1. Therefore, the playback light of each hologram formed considering the light which carried out incidence by whenever [ incident angle / which is different in the space optical modulator 7 ] as a body light will have a travelling direction different, respectively.

[0102] The echo or transparency filter (angular dependence filter 53) with which the hologram record regenerative apparatus 50 has angular dependence on the optical path of the playback light of each of this hologram is arranged. And he is trying for the hologram record regenerative apparatus 50 to take out only a component with one travelling direction from the playback light of each hologram by making the playback light of each hologram reflect or penetrate selectively with this angular dependence filter 53.

[0103] The component of the playback light extracted with this angular dependence filter 53 is one component of "Paige." This one component of "Paige" carries out image formation as an image of a micro-lens outgoing radiation side by penetrating a lens 23. And the data of "Paige" extracted with the angular dependence filter 53 are read by the detector arrays 24, such as CCD arranged in this image surface.

[0104] the hologram record regenerative apparatus 50 rotates the angular dependence filter 53 for the above renewal process -- or by repeating changing the selection include angle of the angular dependence filter 53, it can dissociate one after another and "Paige" of the request in a "chapter" can be taken out.

[0105] Here, the optical element using principles, such as interference in the thin film of total reflection, or the Bragg diffraction and a multiple echo and the fine structure below wavelength, as this angular dependence filter 53 can be used. As an optical element using the Bragg diffraction, a sound optical element, a volume mold hologram, etc. are mentioned. Moreover, since resonance-diffraction efficiency and permeability arise to whenever [ specific wavelength and specific incident angle ], the diffraction grating and the photonics crystal with the structure below wavelength can use this. Moreover, it is [ among these ] also possible to use it combining plurality.

[0106] (Other modifications) Although he was trying to use two hologram record media, the 1st hologram record medium 8 and the 2nd hologram record medium 18, in the hologram record regenerative apparatus 1 and the hologram record regenerative apparatus 50 which were mentioned

above, the hologram record regenerative apparatus concerning this invention is not limited to the above example, and you may make it two or more hologram record media used in addition for it. For example, a hologram record regenerative apparatus can aim at improvement in a recording rate, when two or more 1st hologram record medium 8 is installed in juxtaposition. Moreover, improvement in diffraction efficiency can be aimed at by a hologram record regenerative apparatus arranging a hologram record medium to a serial, and repeating copy record.

[0107] Moreover, in the hologram record regenerative apparatus 1 and the hologram record regenerative apparatus 50 which were mentioned above, although he was trying to use the light same as a reference beam at the time of the hologram record to the 1st hologram record medium 8 The hologram record regenerative apparatus concerning this invention is not what is limited to the above example. \*\* "Paige" is recorded by reference beam different, respectively like the usual include-angle multiplex record, the same light as this reference beam is read, incidence is carried out to coincidence to the 1st hologram record medium 8 for all as a light, all holograms are put in block, and you may make it reproduce. In this case, although structure becomes complicated since a means to generate the reference beam from which plurality differs is needed, copy record only of specific Paige can be selectively carried out by considering as such a configuration at the 2nd hologram 18.

[0108] Moreover, the 1st hologram record medium 8 and the 2nd hologram record medium 18 do not need to be the same ingredients, and can combine various hologram record ingredients. Using the ingredient in which two-wave record of Pr:LiNbO<sub>3</sub> and Pr:LiTaO<sub>3</sub> grade is possible by for example, the thing for which the beam of light of short wavelength is irradiated only at the time of record as the 1st hologram record medium 8 or 2nd hologram record medium 18 It is also possible to realize non-destroying playback by the so-called two-wave gate record (USP 5665493 Bai et al, Y.S.Bai and R.Kachru, Phys.Rev.Lett, 78, 2944, 1997 reference). Moreover, when a photopolymer is used as a hologram record medium, over a long period of time, it is stable and the hologram in which prolonged preservation is possible can be recorded. Therefore, as an ingredient of the 1st hologram record medium 8, even if not fit for a mothball, diffraction efficiency is high, record sensibility is high, for example, if the ingredient in which mothballs, such as a photopolymer, are possible is used as an ingredient of the 2nd hologram record medium 18 using ingredients, such as a photorefractive crystal, the hologram record regeneration system which employed the advantage efficiently can be built, compensating the fault of two ingredients mutually.

[0109] Especially when using a photopolymer as a hologram record medium, as shown in drawing 13, it is effective to make the configuration of a hologram record medium into a disk configuration. Handling is easy when another hologram can be written in the location where hologram record media differ by processing a hologram record medium into the same disc structure as an optical disk, and rotating this. Moreover, for multiplexing, beam deflection means, such as a beam deflector, cannot be used, but \*\* can also substitute for this by revolution of a disk. When performing multiplex record to the hologram record medium of such a configuration, shift multiplex record and peri straw FIKKU multiplex record are effective.

[0110] The photorefractive crystal of a bulk configuration is used for the hologram record regenerative apparatus 60 shown in drawing 13 as 1st hologram record medium 8. And it is made to carry out multiplex record of the hologram by include-angle multiplex at the 1st hologram record medium 8 which consists of this photorefractive crystal. Moreover, the thing which comes to apply a photopolymer to a disk front face in the shape of a layer is used for this hologram record regenerative apparatus 60 as 2nd hologram record medium 18. And it is made to carry out multiplex record of the hologram by shift multiplex at the 2nd hologram record medium 18 of the shape of this disk. In addition, about the configuration of others of this hologram record regenerative apparatus 60, since it is almost the same as the hologram record regenerative apparatus 1 mentioned above, the sign same about the same configuration is attached and explanation is omitted.

[0111] Moreover, in the hologram record regenerative apparatus 1 and the hologram record regenerative apparatus 50 which were mentioned above, although the case where include-angle multiplex system was used was described as the multiplex record approach of the 2nd hologram record medium 18, the hologram record regenerative apparatus concerning this invention is not limited to the above example, and the other multiplex record approaches may be used for it. That is, in addition to the shift multiplex system considered to be deformation of include-angle multiplex

system, peri straw FIKKU multiplex system, phase code multiplex system, etc., wavelength multiplex system, spatial multiplexing, fractal multiplex system, etc. can be used for the hologram record to this 2nd hologram record medium 18. Moreover, the multiplex system which combined these some may be adopted. when using wavelength multiplex system, in order [ however, ] to reproduce using the same reference beam -- "-- it is necessary to use wavelength which is different in every chapter" also at the time of the hologram record to the 1st hologram record medium 8 [0112] Moreover, if the conjugation light which has the same wave front as the reference beam at the time of record, and spreads the reference beam at the time of hologram playback to an opposite direction is used, it is known that body light will also be reproduced by the opposite direction. The hologram record regenerative apparatus concerning this invention may be made to reproduce the 1st hologram record medium 8 or the 2nd hologram record medium 18 using this phenomenon (phase conjugation).

[0113] The example of 1 configuration of the hologram record regenerative apparatus using phase conjugation is shown in drawing 14 . The hologram record regenerative apparatus 70 shown in this drawing 14 carries out outgoing radiation of the high laser beam of coherence with sufficiently narrow wavelength width of face from the light source 71. After the laser beam which carried out outgoing radiation from the light source 71 penetrates a collimator lens 72 and is changed into parallel light, incidence of it is carried out to the 1st beam splitter 73. As for the laser beam which carried out incidence to the 1st beam splitter 73, that part penetrates this 1st beam splitter 73, and other parts are reflected by this 1st beam splitter 73.

[0114] Incidence of the laser beam which penetrated the 1st beam splitter 73 is carried out to the 2nd beam splitter 74 arranged on the optical path. And as for the laser beam which carried out incidence to the 2nd beam splitter 74, that part penetrates this 2nd beam splitter 74, and other parts are reflected by this 2nd beam splitter 74.

[0115] Incidence of the laser beam which penetrated the 2nd beam splitter 74 is carried out to the 3rd beam splitter 75 arranged on the optical path. And as for the laser beam which carried out incidence to the 3rd beam splitter 75, that part penetrates this 3rd beam splitter 75, and other parts are reflected by this 3rd beam splitter 75.

[0116] After the travelling direction is controlled by the 1st beam deflector 76, incidence of the laser beam which penetrated the 3rd beam splitter 75 is carried out to the space optical modulator 77. And let light modulated according to the image which penetrated the space optical modulator 77 and was displayed on this space optical modulator 77 be body light. After this body light penetrates the 4th beam splitter 78 and the Fourier transform is carried out with a lens 79, incidence of it is carried out to the 1st hologram record medium 80 by the incident angle according to the deflection angle by the 1st beam deflector 76.

[0117] On the other hand, it is reflected by the 1st mirror 81 and 2nd mirror 82, and incidence of the laser beam reflected by the 2nd beam splitter 74 is carried out to the 1st hologram record medium 80 by the predetermined incident angle. Thereby, body light and a reference beam interfere in the 1st hologram record medium 80, and a hologram ("Paige") is recorded on the 1st hologram record medium 80.

[0118] This hologram record regenerative apparatus 70 performs the above record process repeatedly using the same reference beam, changing the incident angle of body light, and carries out multiplex record of two or more "Paige" at the 1st hologram record medium 80.

[0119] Here, after being reflected by the 3rd mirror 83 and 4th mirror 84, incidence of the laser beam reflected by the 3rd beam splitter 75 is carried out to the 1st hologram record medium 80. Since this laser beam is a conjugation light spread to an opposite direction with the same wave front as a reference beam, if the conjugation light of this reference beam is read and it uses as a light, package playback of two or more "Paige" ("chapter") by whom multiplex record was done will be carried out, and this playback light will carry out outgoing radiation of it to the 1st hologram record medium 80 from the side in which the body light of the 1st hologram record medium 80 carried out incidence.

[0120] After the Fourier transform of this playback light is carried out with a lens 79, it is reflected by the 4th beam splitter 78 and incidence of it is carried out to the 5th beam splitter 85. And after the Fourier transform of the playback light which penetrated the 5th beam splitter 85 is carried out with a lens 86, it carries out incidence to the 2nd hologram record medium 87 by the predetermined

incident angle as a body light.

[0121] On the other hand, a travelling direction is controlled by the 2nd beam deflector 88, and the laser beam reflected by the 1st beam splitter 73 is an incident angle according to the deflection angle by the 2nd beam deflector 88, and carries out incidence to the 2nd hologram record medium 87 as a reference beam. Thereby, body light and a reference beam interfere in the 2nd hologram record medium 87, and copy record of the "chapter" by which reading appearance was collectively carried out from the 1st hologram record medium 80 is carried out at the 2nd hologram record medium 87.

[0122] This hologram record regenerative apparatus 70 performs the above record process repeatedly, changing the incident angle of a reference beam, and carries out copy record of two or more "chapters" by which reading appearance was carried out one after another from the 1st hologram record medium 80 with multiplex system, such as include-angle multiplex, at the 2nd hologram record medium 87.

[0123] After the laser beam which carried out incidence to the 2nd hologram record medium 80 as a reference beam penetrates the 2nd hologram record medium 80, it is reflected by the 5th mirror 89 arranged on the optical path. And incidence of the laser beam reflected by the 5th mirror 89 is again carried out into the 2nd hologram record medium 87. This laser beam is a conjugation light spread to an opposite direction with the same wave front as a reference beam. Therefore, if this laser beam is read and it uses as a light, the hologram by which multiplex record was carried out will be selectively reproduced by the 2nd hologram record medium 87, and this playback light will carry out outgoing radiation from the side in which the body light of the 2nd hologram record medium 87 carried out incidence.

[0124] After the Fourier transform of this playback light is carried out with a lens 86, incidence of it is carried out to the 5th beam splitter 85. And after the Fourier transform of the playback light reflected by the 5th beam splitter 85 is again carried out with a lens 90, incidence of it is carried out to the hologram extract means 91. And only the specific "Paige" component is extracted from the 2nd hologram record medium 87 by this hologram extract means 91 out of the "chapter" by which reading appearance was carried out.

[0125] After the Fourier transform of the light of the specific "Paige" component extracted by the hologram extract means 91 is again carried out with a lens 92, it is received by the detector arrays 93, such as CCD. Thereby, the data of desired "Paige" can be read in the 2nd hologram record medium 87 out of the "chapter" by which reading appearance was carried out.

[0126] In addition, although the above described the example which records a hologram as a fourier hologram, the hologram record regenerative apparatus concerning this invention is not limited to the above example, and it may be constituted so that other holograms, such as an image hologram and an Fresnel hologram, may be recorded. Moreover, although the above described the example which carries out record playback of the transparency mold hologram, the hologram record regenerative apparatus concerning this invention is not limited to this example, and it may be constituted so that record playback of the reflective mold hologram may be carried out.

[0127] Moreover, the technique of this invention is applied only to neither an information record regenerative apparatus nor an image display device, and can be widely applied to what uses the principle of hologram record playback. For example, the technique of this invention is applicable to optical computers, such as a correlation calculating machine and associative storage, an optical interconnection, a hologram printer, a holography interferometer, a holographic optical element, etc.

[0128]

[Effect of the Invention] According to the hologram record regenerative apparatus concerning this invention, the hologram by which multiplex record was carried out with the 1st record means at the 1st hologram record medium Since it bundles up with the 1st playback means, and is reproduced and multiplex copy record of these two or more multiplex record holograms by which package playback was carried out is carried out by the 2nd record means at the 2nd hologram record medium The diffraction efficiency per final hologram can be multiplex number-of-sheets doubled the 1st hologram record medium at the time of carrying out multiplex record. By this, decline in the diffraction efficiency by multiplex record of a hologram can be avoided, a S/N ratio can be raised, and the amount of recording information can be increased.

[0129] Moreover, since according to this hologram record regenerative apparatus the hologram by

which multiplex record was carried out with the 1st record means at the 1st hologram record medium bundles up with the 1st playback means and is reproduced, there is much amount of information included in per [ which is reproduced at once ] hologram, and improvement in an access rate is realized.

[0130] Moreover, since according to this hologram record regenerative apparatus the hologram by which multiplex record was carried out with the 1st record means at the 1st hologram record medium bundles up with the 1st playback means and is reproduced, much spatial information can be displayed at once. Therefore, this hologram record regenerative apparatus can be used as a display of a high definition static image or a three dimensional image.

[0131] According to the hologram record playback approach concerning this invention, in the 1st step, moreover, the hologram by which multiplex record was carried out to the 1st hologram record medium Since it is collectively reproduced in the 2nd step and multiplex copy record of these two or more multiplex record holograms by which package playback was carried out is carried out in the 3rd step at the 2nd hologram record medium The diffraction efficiency per final hologram can be multiplex number-of-sheets doubled the 1st hologram record medium at the time of carrying out multiplex record. By this, decline in the diffraction efficiency by multiplex record of a hologram can be avoided, a S/N ratio can be raised, and the amount of recording information can be increased.

[0132] Moreover, since the hologram by which multiplex record was carried out bundles up to the 1st hologram record medium and is reproduced in the 2nd step in the 1st step according to this hologram record playback approach, there is much amount of information included in per [ which is reproduced at once ] hologram, and improvement in an access rate is realized.

[0133] Moreover, since the hologram by which multiplex record was carried out bundles up to the 1st hologram record medium, and is reproduced in the 2nd step in the 1st step according to this hologram record playback approach and much spatial information can be displayed at once, a high definition static image and a high definition three dimensional image can be displayed.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the mimetic diagram showing the example of 1 configuration of the hologram record regenerative apparatus concerning this invention.

[Drawing 2] It is the top view showing the liquid crystal shutter array used as a hologram extract means.

[Drawing 3] It is a mimetic diagram explaining signs that the component of a desired hologram is extracted using the above-mentioned liquid crystal shutter array.

[Drawing 4] It is the mimetic diagram showing the example used combining the aperture and the beam deflection means of having opening fixed as a hologram extract means.

[Drawing 5] It is the mimetic diagram expanding and showing the part from the space optical modulator of the hologram record regenerative apparatus concerning this invention to a detector array.

[Drawing 6] It is drawing showing the intensity distribution of the laser beam in - (g) side (in [ a ]) drawing 5 . (a) shows the pattern in the (a) side in drawing 5 , and (b) shows the pattern in the (b) side in drawing 5 . (d) shows the pattern in the (d) side in drawing 5 , (e) shows the pattern in the (e) side in drawing 5 , (c) shows the pattern in the (c) side in drawing 5 , and (g) shows [ (f) shows the pattern in the (f) side in drawing 5 , and ] the pattern in the (g) side in drawing 5 .

[Drawing 7] It is the mimetic diagram showing the part which performs record playback to the 1st hologram record medium of the hologram record regenerative apparatus using a micro-lens array.

[Drawing 8] It is a mimetic diagram explaining signs that the spot of each pixel of a space optical modulator is separated by the micro-lens array in a reconstruction image side.

[Drawing 9] It is the side elevation showing signs that the spot of each pixel of a space optical modulator is separated by the micro-lens array in a reconstruction image side.

[Drawing 10] It is the top view showing the situation of the reconstruction image side in drawing 9 .

[Drawing 11] It is drawing showing the reconstruction image acquired from the playback light of the hologram recorded on the 1st hologram record medium with the hologram record regenerative apparatus using a micro-lens array.

[Drawing 12] It is the mimetic diagram showing the part from the space optical modulator of the hologram record regenerative apparatus using a micro-lens array to a detector array.

[Drawing 13] It is the mimetic diagram showing the hologram record regenerative apparatus using the thing which comes to apply a photopolymer to a disk front face in the shape of a layer as 2nd hologram record medium, using the photorefractive crystal of a bulk configuration as 1st hologram record medium.

[Drawing 14] It is the mimetic diagram showing the example of 1 configuration of the hologram record regenerative apparatus using phase conjugation.

[Description of Notations]

1 Hologram Record Regenerative Apparatus, 2 Light Source, 6 1st Beam Deflector, 7 Space Optical Modulator, 8 1st Hologram Record Medium, 18 2nd Hologram Record Medium, 19 2nd Beam Deflector, 22 Hologram Extract Means, 24 Detector Array

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

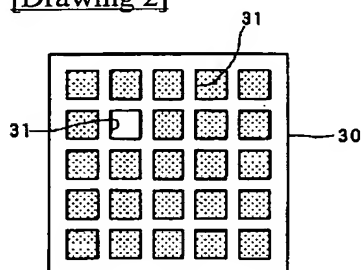
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

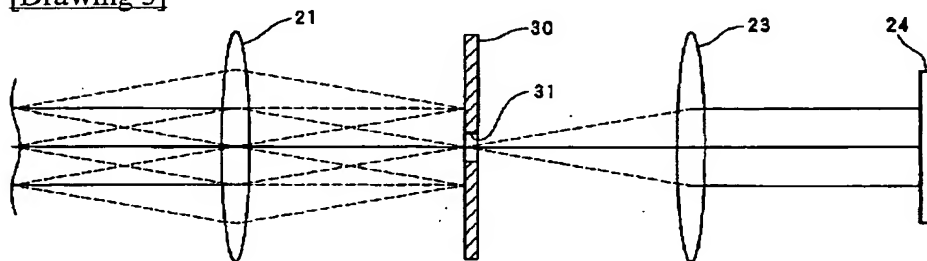
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

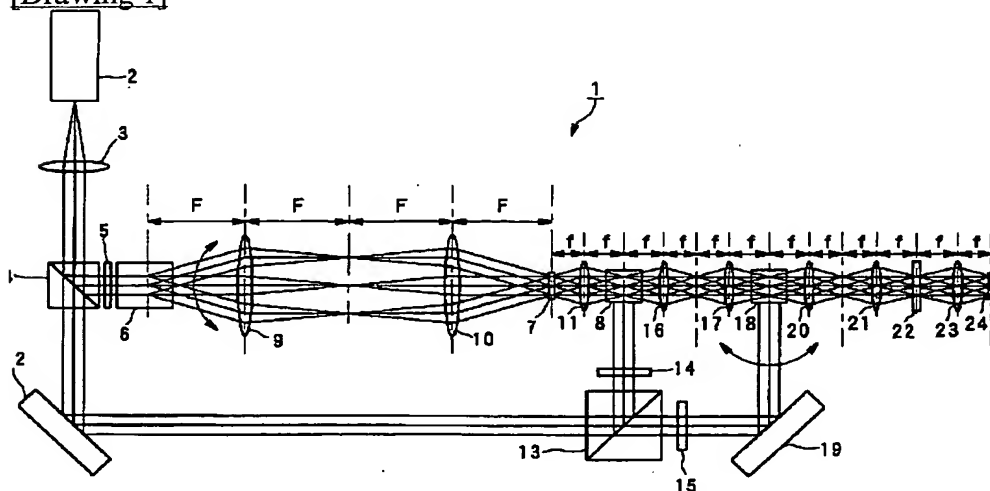
[Drawing 2]



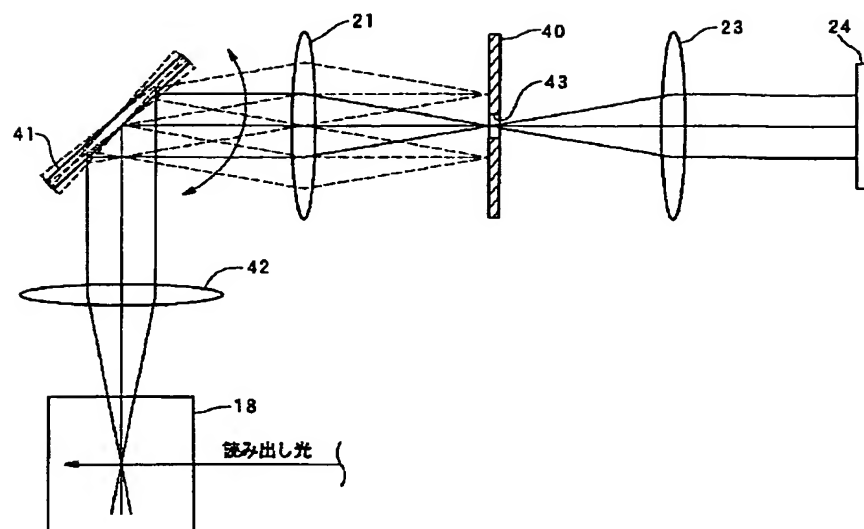
[Drawing 3]



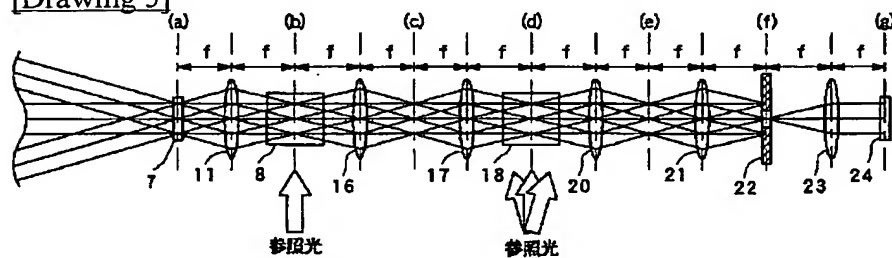
[Drawing 1]



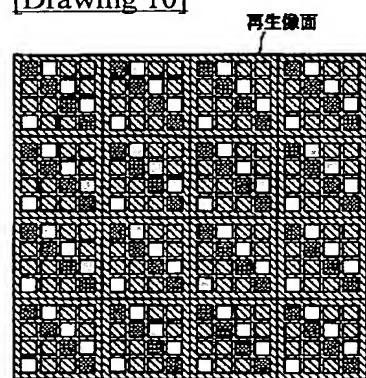
[Drawing 4]



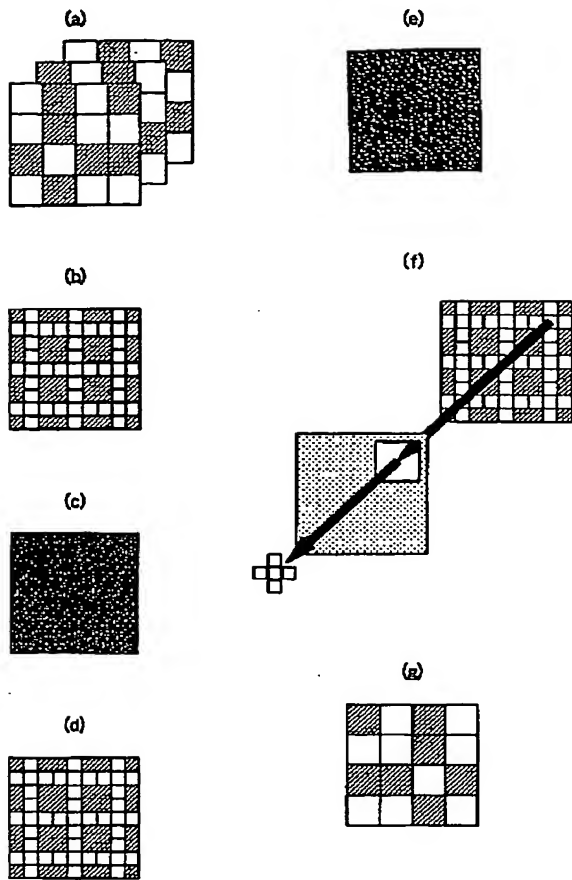
[Drawing 5]



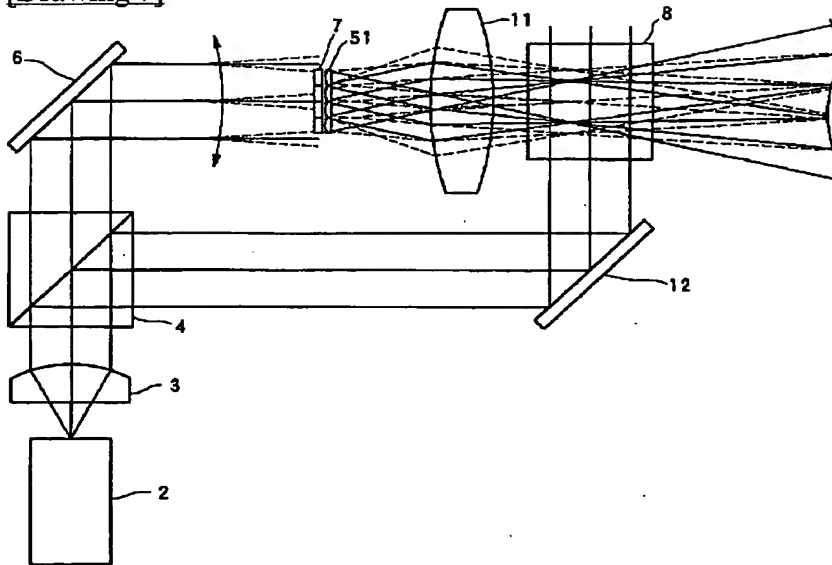
[Drawing 10]



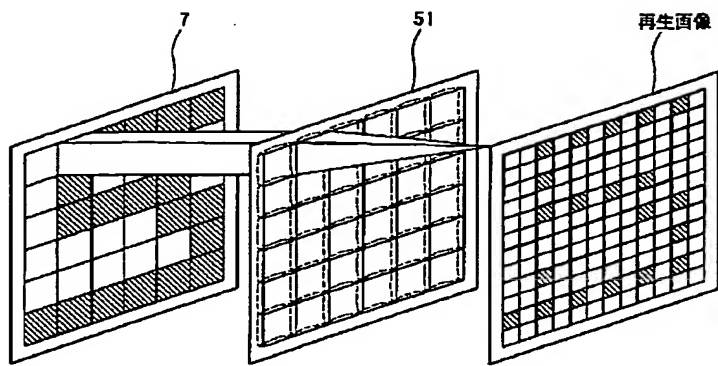
[Drawing 6]



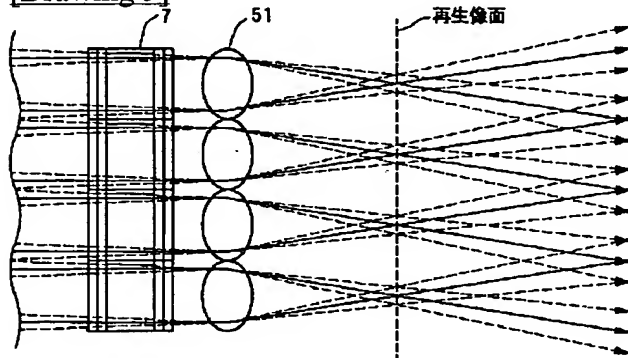
[Drawing 7]



[Drawing 8]

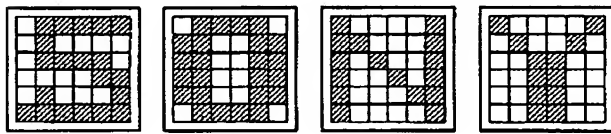


[Drawing 9]

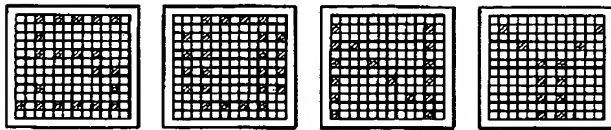


[Drawing 11]

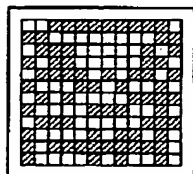
(空間光変調器 7 に表示される画像)



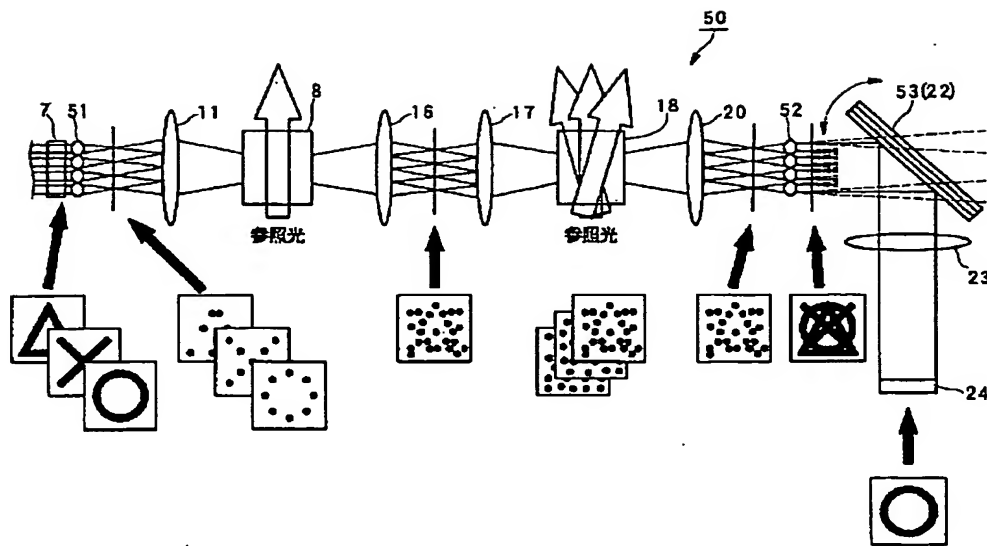
(分離されたスポットの像)



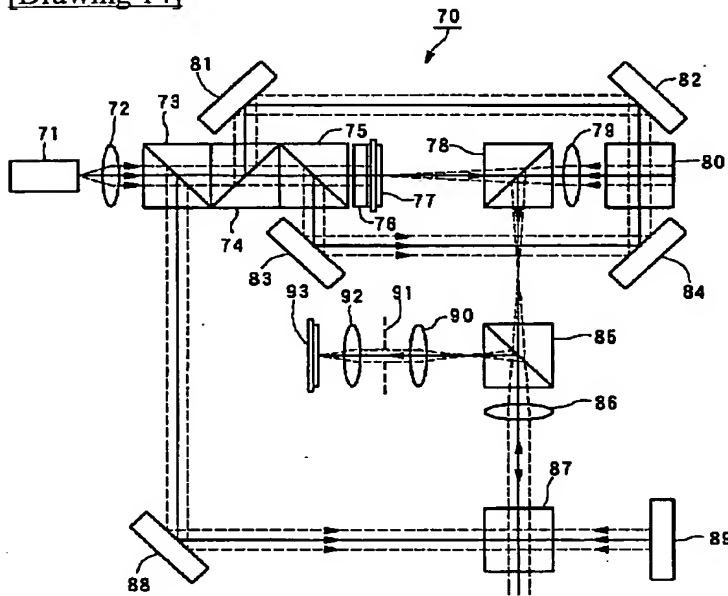
(再生像)



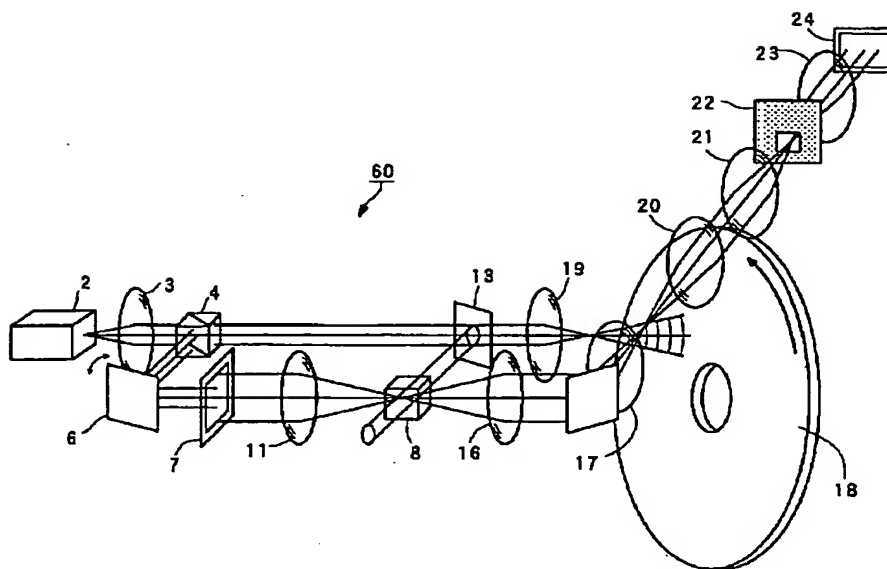
[Drawing 12]



[Drawing 14]



[Drawing 13]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-242156

(P2000-242156A)

(43) 公開日 平成12年9月8日 (2000.9.8)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト (参考)
G 0 3 H 1/04		G 0 3 H 1/04	2 K 0 0 8
	1/22		1/22
G 1 1 C 13/04		G 1 1 C 13/04	C

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平11-46941

(22) 出願日 平成11年2月24日 (1999.2.24)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 菅沼 洋

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

Fターム (参考) 2K008 AA04 BB04 BB06 CC01 CC03

DD12 DD23 FF07 FF17 FF21

GG01 HH00 HH06 HH25 HH26

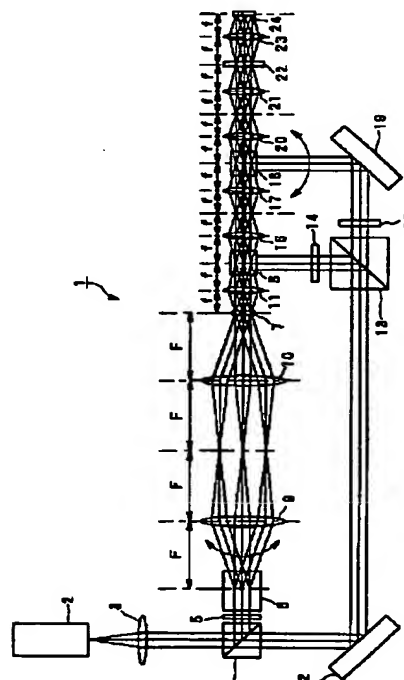
HH28

(54) 【発明の名称】 ホログラム記録再生装置及びホログラム記録再生方法

(57) 【要約】

【課題】 回折効率の低下をできるだけ抑えながら多重記録を行い、大容量のデータの記録再生を可能にする。

【解決手段】 1枚のホログラムを記録する毎に物体光の入射角度を変えながら、同一の参照光を用いて複数枚のホログラムを第1のホログラム記録媒体8に多重記録し、第1のホログラム記録媒体8に多重記録された複数枚のホログラムを一括して再生し、この再生光を物体光として複数枚のホログラムが重ね合わされ1つのホログラムとされてなる多重記録ホログラムを異なる参照光を用いて第2の記録媒体18に複数枚多重記録し、この第2のホログラム記録媒体18に多重記録された複数枚の多重記録ホログラムのうち所望の多重記録ホログラムを選択的に再生する。





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1 枚のホログラムを記録する毎に物体光の入射角度を変えながら、同一の参照光を用いて複数枚のホログラムを第 1 のホログラム記録媒体に多重記録する第 1 の記録手段と、

上記第 1 の記録手段により上記第 1 のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムを一括して再生する第 1 の再生手段と、

上記第 1 の再生手段により一括して再生された複数枚のホログラムの再生光を物体光として、上記複数枚のホログラムが重ね合わされ 1 つのホログラムとされてなる多重記録ホログラムを異なる参照光を用いて第 2 の記録媒体に複数枚多重記録する第 2 の記録手段と、

上記第 2 の記録手段により上記第 2 のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚の多重記録ホログラムのうち所望の多重記録ホログラムを選択的に再生する第 2 の再生手段とを備えることを特徴とするホログラム記録再生装置。

【請求項 2】 上記第 2 の再生手段により再生された多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムを抽出するホログラム抽出手段を備えることを特徴とする請求項 1 記載のホログラム記録再生装置。

【請求項 3】 上記ホログラム抽出手段は、上記第 2 の再生手段により再生された多重記録ホログラムの再生光を空間的な開口を用いて像のフーリエ面上でフィルタリングすることにより所望のホログラムを抽出することを特徴とする請求項 2 記載のホログラム記録再生装置。

【請求項 4】 上記ホログラム抽出手段は、上記第 2 の再生手段により再生された多重記録ホログラムの再生光を角度依存性を有する素子により選択的に透過又は反射させることにより所望のホログラムを抽出することを特徴とする請求項 2 記載のホログラム記録再生装置。

【請求項 5】 上記第 1 のホログラム記録媒体として書き換え可能なホログラム記録材料を用い、上記第 2 のホログラム記録媒体として一度だけ記録が可能なホログラム記録材料を用いることを特徴とする請求項 1 記載のホログラム記録再生装置。

【請求項 6】 上記第 1 の記録手段は、空間光変調器とこの空間光変調器の各画素に対応して複数のマイクロレンズが配列されてなるマイクロレンズアレイとを備え、上記空間光変調器に入射する光の入射角を変え、上記各マイクロレンズの焦点面におけるスポットを分離させ、上記空間光変調器に表示された 1 画像を複数の画像に分割して複数枚のホログラムとして上記第 1 の記録媒体に多重記録し、

上記第 2 の再生手段は、上記空間光変調器に表示された 1 画像が分割された複数枚のホログラムが重ね合わされてなる多重記録ホログラムを再生することを特徴とする請求項 1 記載のホログラム記録再生装置。

【請求項 7】 上記第 2 の再生手段により再生された多重記録ホログラムを 1 画像として表示する表示手段を備えることを特徴とする請求項 6 記載のホログラム記録再生装置。

【請求項 8】 上記第 2 の再生手段により再生された多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムを抽出するホログラム抽出手段を備えることを特徴とする請求項 6 記載のホログラム記録再生装置。

10 【請求項 9】 1 枚のホログラムを記録する毎に物体光の入射角度を変えながら、同一の参照光を用いて複数枚のホログラムを第 1 のホログラム記録媒体に多重記録する第 1 のステップと、

上記第 1 のステップにおいて上記第 1 のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムを一括して再生する第 2 のステップと、

20 上記第 2 のステップにおいて一括して再生された複数枚のホログラムの再生光を物体光として、上記複数枚のホログラムが重ね合わされ 1 つのホログラムとされてなる多重記録ホログラムを異なる参照光を用いて第 2 の記録媒体に複数枚多重記録する第 3 のステップと、

上記第 3 のステップにおいて上記第 2 のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚の多重記録ホログラムのうち所望の多重記録ホログラムを選択的に再生する第 4 のステップとを経ることを特徴とするホログラム記録再生方法。

30 【請求項 10】 上記第 4 のステップにおいて再生された多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムを抽出する第 5 のステップを経ることを特徴とする請求項 9 記載のホログラム記録再生方法。

【請求項 11】 上記第 5 のステップは、上記第 4 のステップにおいて再生された多重記録ホログラムの再生光を空間的な開口を用いて像のフーリエ面上でフィルタリングすることにより所望のホログラムを抽出することを特徴とする請求項 10 記載のホログラム記録再生方法。

【請求項 12】 上記第 5 のステップは、上記第 4 のステップにおいて再生された多重記録ホログラムの再生光を角度依存性を有する素子により選択的に透過又は反射させることにより所望のホログラムを抽出することを特徴とする請求項 10 記載のホログラム記録再生方法。

【請求項 13】 上記第 1 のホログラム記録媒体として書き換え可能なホログラム記録材料を用い、上記第 2 のホログラム記録媒体として一度だけ記録が可能なホログラム記録材料を用いることを特徴とする請求項 9 記載のホログラム記録再生方法。

50 【請求項 14】 上記第 1 のステップにおいて、空間光変調器とこの空間光変調器の各画素に対応して複数のマイクロレンズが配列されてなるマイクロレンズアレイとを用い、上記空間光変調器に入射する光の入射角を変え

ることにより上記各マイクロレンズの焦点面におけるスポットを分離させ、上記空間光変調器に表示された1画像を複数の画像に分割して複数枚のホログラムとして上記第1の記録媒体に多重記録し、

上記第4のステップにおいて、上記空間光変調器に表示された1画像が分割された複数枚のホログラムが重ね合わされてなる多重記録ホログラムを再生することを特徴とする請求項9記載のホログラム記録再生方法。

【請求項15】 上記第4のステップにおいて再生された多重記録ホログラムを1画像として表示することを特徴とする請求項14記載のホログラム記録再生方法。

【請求項16】 上記第4のステップにおいて再生された多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムを抽出する第5のステップを経ることを特徴とする請求項14記載のホログラム記録再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、物体光と参照光との干渉効果を利用してホログラム記録媒体にデータを記録し、又はホログラム記録媒体に記録されたデータを再生するホログラム記録再生装置及びホログラム記録再生方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、記録すべきデータに応じて変調された物体光と参照光とを、大きなフォトリフラクティブ効果を発現するホログラム記録媒体中で干渉させることにより、このホログラム記録媒体にデータを干渉縞として記録し、また、データが記録されたホログラム記録媒体に参照光と同じ入射角で読み出し光を入射させることにより、このホログラム記録媒体に記録されたデータを再生するホログラム記録再生方式が提案されている。

【0003】このホログラム記録再生方式においては、例えば、液晶表示パネル(LCD)等の空間光変調器を透過することによりこの空間光変調器に表示された1画像分のデータに応じて変調された光が物体光としてホログラム記録媒体内に入射するので、1画像分のデータが1つのホログラムとして、一度にホログラム記録媒体に\*

$$\eta_{write}(t) = \eta_0 \cdot (1 - e^{-\alpha I t})$$

ここで、 $\alpha$ は記録時の時定数、 $I$ は空間的平均の光強度、 $t$ は記録時を0とした時間、 $\eta_0$ は飽和回折効率である。

【0010】また、多重記録された各ホログラムを再生する場合、もしくは先に記録されたホログラムを後のホログラムを記録する際の光照射によって消去する場合の回折効率 $\eta_{read}(t)$ は、次式(2)で与えられる。

【0011】

$$\eta_{read}(t) = \eta_1 \cdot e^{-\alpha' I t} \quad \dots (2)$$

ここで、 $\alpha'$ は再生(もしくは消去)時の時定数、 $I$ は平均の光強度、 $\eta_1$ は初期回折効率である。

\*記録されることになる。そして、再生時においても、この1画像分のデータを含むホログラム単位で再生されることになる。したがって、このホログラム記録再生方式は、例えば、比較的高速アクセスが可能とされている光ディスクを記録媒体として用いた記録再生方式と比較しても、より高速なデータアクセスが可能であるとの特徴を有している。

【0004】また、このホログラム記録再生方式においては、例えば、1つのホログラムを記録する度に参照光の入射角を変えること等により、1つのホログラム記録媒体に多数のホログラムを重ねて記録する、いわゆる多重記録が可能である。したがって、このホログラム記録再生方式は、非常に高密度にデータを記録することができるとの特徴を有している。

【0005】以上の点から、ホログラム記録再生方式は、近年の情報産業の発達に伴って要求される記録密度の向上やデータアクセスの高速化を満足させる記録再生方式として注目されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このホログラム記録再生方式において、高密度記録を実現する多重記録は、記録時もしくは再生時の消去によって生じる回折効率の低下により制限される。すなわち、多重記録を行う場合、ホログラム記録媒体に先に記録されたホログラムは、後のホログラムを記録する際に消去を受けて、回折効率が多少低下する。また、多重記録によりホログラム記録媒体に記録された各ホログラムは、再生時の露光によっても回折効率が多少低下する。加えて、長期的にも暗電流による電子の拡散により、経時的な回折効率の低下が生じる。

【0007】以上のように、ホログラム記録媒体に多重記録された各ホログラムは、消去等によって回折効率が低下すると、再生時のS/N比が徐々に低下することになる。

【0008】ホログラム記録媒体に記録される各ホログラムの記録時の回折効率 $\eta_{write}(t)$ は、次式(1)で与えられる。

【0009】

$$\dots (1)$$

【0012】以上の式から、再生により、ホログラム記録媒体に記録された各ホログラムの回折効率は指数関数的に低下することが分かる(『フォトリフラクティブ非線型光学』、P. YEH著、丸善刊参照)。このとき、全てのホログラムの回折効率が等しくなるように多重記録すると、各ホログラムの最終的な回折効率は記録枚数の2乗に反比例することが知られている("System metric for holographic memory system", Fai H. Mok, Geoffrey W. Burr and Demetri Psaltis, Optics Letters, 21, pp. 896, 1996参照)。

【0013】例えば、1000枚のホログラムを等しい

強度で記録した場合、各ホログラムの回折効率は、1枚のホログラムを記録した場合に比べて $10^{-6}$ 程度にまで低下する。

【0014】以上のように、回折効率が低下すると、再生時の $S/N$ 比が低下することになる。そして、再生時の $S/N$ 比の低下が大きいと、信号成分がノイズに埋もれてしまって再生が不可能となる。したがって、再生可能な回折効率を確保するためには、ホログラム記録媒体に記録されるホログラムの枚数を制限する必要がある、このことが、ホログラム記録媒体に記録されるデータの記録容量を制限する要因となっていた。

【0015】したがって、ホログラム記録再生方式においては、回折効率の低下をできるだけ抑えて多重記録を行うことにより、データの記録容量を高めることが、この方式の特徴点を最大限に引き出してこの方式を広く一般に普及させるための課題の一つとされている。

【0016】回折効率の低下をできるだけ抑えて多重記録を行う手段としては、多重記録されたホログラムをマスターとして、さらにそのホログラムを別のホログラムに多重記録するという方法が提案されている（“Multiple multiple-exposure hologram”, Kristina M. Johnson, Mark Armstrong, Lambertus Hesselink, and Joseph W. Goodman, Applied Optics, 24, pp. 4467-4472, 1985 参照）。

【0017】この方法について、以下に説明する。まず、 $m$ 枚のホログラムを共通の参照光を用いて第1のホログラム記録媒体に記録する。そして、この第1のホログラム記録媒体に記録された $m$ 枚のホログラムを一括して再生し、その再生光を物体光として、第2のホログラム記録媒体に記録する。次に、再び $m$ 枚のホログラムを第1のホログラム記録媒体に記録し、これを第2のホログラム記録媒体に、最初の $m$ 枚のホログラムを記録したときと同一の参照光を用いて複写記録する。以上の手続きを $n$ 回繰り返す。その結果、第2のホログラム記録媒体には、 $(n \times m)$ 枚のホログラムが多重記録されることになる。

【0018】このホログラムを再生すれば、同時に $(n \times m)$ 枚のホログラムが重ね合わされて再生されるので、 $(n \times m)$ 層の画像を重ね合わせて同時に表示することができる。この方法を用いて、例えば、立体の断層を記録すれば、立体の全体を三次元的に表示することができる。

【0019】このときの回折効率は、通常のレコーディングスケジュールで記録した場合と比べると、 $m$ 倍にすることができる。すなわち、第1のホログラム記録媒体に $m$ 枚のホログラムを記録すれば、各ホログラムの回折効率は $1/m^2$ になる。しかし、第2のホログラム記録媒体への複写時には、この $m$ 枚のホログラムが1枚のホログラムとして記録されるので、 $m$ 枚のホログラムの回折効率の総和は $1/n^2$ となる。したがって、 $m$ 枚のホ

ログラムは全て等しい回折効率とすれば、第2のホログラムを再生した時、1枚のホログラム当たりの回折効率はその $1/m$ であり、最終的な1枚当たりの回折効率は、 $1/(m \times n^2)$ である。一方、 $(n \times m)$ 枚のホログラムを、通常のレコーディングスケジュールで多重記録した場合の回折効率は $1/(m^2 \times n^2)$ である。よって、以上の方法によりホログラムを複写することで、回折効率は $m$ 倍になったことがわかる。

【0020】しかしながら、この方法は、上述したように、断面を重ね合わせて立体画像を表示することを目的として提案されたものであり、第1のホログラム記録媒体に多重記録されたホログラムを一括して再生するために、第1のホログラム記録媒体に各ホログラムを記録する際に共通の参照光を用いており、再生時には全てのホログラムが重ね合わされた状態で同時に再生され、1枚1枚のホログラムを分離することはできない。したがって、この方法は、上述したような特殊な用途以外での適用が困難で、上記課題を本質的に解決するには至っていない。

【0021】そこで、本発明は、回折効率の低下をできるだけ抑えながら多重記録を行い、大容量のデータの記録再生を可能とするホログラム記録再生装置及びホログラム記録再生方法を提供することを目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明に係るホログラム記録再生装置は、上記課題を解決するために、1枚のホログラムを記録する毎に物体光の入射角度を変えながら、同一の参照光を用いて複数枚のホログラムを第1のホログラム記録媒体に多重記録する第1の記録手段と、この第1の記録手段により第1のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムを一括して再生する第1の再生手段と、この第1の再生手段により一括して再生された複数枚のホログラムの再生光を物体光として、上記複数枚のホログラムが重ね合わされ1つのホログラムとされてなる多重記録ホログラムを異なる参照光を用いて第2の記録媒体に複数枚多重記録する第2の記録手段と、この第2の記録手段により第2のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚の多重記録ホログラムのうち所望の多重記録ホログラムを選択的に再生する第2の再生手段とを備える。

【0023】このホログラム記録再生装置によれば、第1の記録手段により、複数枚のホログラムが第1の記録媒体に多重記録される。このとき、各ホログラムは、それぞれ物体光の入射角度を異ならせながら同一の参照光を用いて第1のホログラム記録媒体に記録される。

【0024】第1の記録手段により第1のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムは、第1の再生手段により一括して再生される。すなわち、第1の再生手段は、第1の記録手段が第1のホログラム記録媒体に複数枚のホログラムを記録した際に用いた参照光と

同じ入射角で第1のホログラム記録媒体に読み出し光を入射することにより、第1のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムを一括して再生する。

【0025】第1の再生手段により一括して再生された複数枚のホログラムは、各ホログラムが重ね合わされた状態とされている。そして、この複数枚のホログラムが重ね合わされ1つのホログラムとされてなる多重記録ホログラムは、第2の記録手段により第2のホログラム記録媒体に再度記録されることになる。すなわち、第2の記録手段は、第1の再生手段により一括して再生された複数枚のホログラム（多重記録ホログラム）の再生光を物体光として用い、この多重記録ホログラムを第2のホログラム記録媒体に再度記録する。そして、第2の記録手段は、異なる参照光を用いて多重記録ホログラムを第2の記録媒体に複数枚多重記録する。

【0026】第2の記録手段により第2のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚の多重記録ホログラムは、第2の再生手段により選択的に再生される。すなわち、第2の再生手段は、例えば、複数枚の多重記録ホログラムが角度多重で第2のホログラム記録媒体に多重記録されている場合には、読み出し光の入射角を選択することにより、所望の多重記録ホログラムを再生する。

【0027】なお、本発明に係るホログラム記録再生装置は、第2の再生手段により再生された多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムを抽出するホログラム抽出手段を備えることが望ましい。このホログラム抽出手段としては、例えば、第2の再生手段により再生された多重記録ホログラムの再生光を空間的な開口を用いて像のフーリエ面上でフィルタリングすることにより所望のホログラムを抽出するものや、第2の再生手段により再生された多重記録ホログラムの再生光を角度依存性を有する素子により選択的に透過又は反射させることにより所望のホログラムを抽出するものが考えられる。

【0028】また、本発明に係るホログラム記録再生装置は、第1のホログラム記録媒体として、例えば、フォトリフラクティブ結晶等の書き換え可能なホログラム記録材料を用い、第2のホログラム記録媒体として、例えば、フォトリポリマー等の一度だけ記録が可能なホログラム記録材料を用いることが望ましい。

【0029】また、本発明に係るホログラム記録再生装置は、第1の記録手段が、空間光変調器とこの空間光変調器の各画素に対応して複数のマイクロレンズが配列されてなるマイクロレンズアレイとを備え、空間光変調器に入射する光の入射角を変えることにより各マイクロレンズの焦点面におけるスポットを分離させ、空間光変調器に表示された1画像を複数の画像に分割して複数枚のホログラムとして第1の記録媒体に多重記録し、第2の再生手段が、空間光変調器に表示された1画像が分割された複数枚のホログラムが重ね合わされてなる多重記録

ホログラムを再生するようにしてもよい。

【0030】この場合、第2の再生手段により再生された多重記録ホログラムは、例えば、表示手段により1画像として表示される。或いは、ホログラム抽出手段により、多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムが抽出される。

【0031】また、本発明に係るホログラム記録再生方法は、上記課題を解決するために、1枚のホログラムを記録する毎に物体光の入射角度を変えながら、同一の参照光を用いて複数枚のホログラムを第1のホログラム記録媒体に多重記録する第1のステップと、第1のステップにおいて第1のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムを一括して再生する第2のステップと、第2のステップにおいて一括して再生された複数枚のホログラムの再生光を物体光として、上記複数枚のホログラムが重ね合わされ1つのホログラムとされてなる多重記録ホログラムを異なる参照光を用いて第2の記録媒体に複数枚多重記録する第3のステップと、第3のステップにおいて第2のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚の多重記録ホログラムのうち所望の多重記録ホログラムを選択的に再生する第4のステップとを経ることを特徴としている。

【0032】このホログラム記録再生方法によれば、第1のステップにおいて、複数枚のホログラムが第1の記録媒体に多重記録される。このとき、各ホログラムは、それぞれ物体光の入射角度を異ならせながら同一の参照光を用いて第1のホログラム記録媒体に記録される。

【0033】第1のステップにおいて第1のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムは、第2のステップにおいて一括して再生される。すなわち、第2のステップでは、第1のステップにおいて第1のホログラム記録媒体に複数枚のホログラムを記録した際に用いた参照光と同じ入射角で第1のホログラム記録媒体に読み出し光を入射することにより、第1のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚のホログラムを一括して再生する。

【0034】第2のステップにおいて一括して再生された複数枚のホログラムは、各ホログラムが重ね合わされた状態とされている。そして、この複数枚のホログラムが重ね合わされ1つのホログラムとされてなる多重記録ホログラムは、第3のステップにおいて第2のホログラム記録媒体に再度記録されることになる。すなわち、第3のステップでは、第1の再生手段により一括して再生された複数枚のホログラム（多重記録ホログラム）の再生光を物体光として用い、この多重記録ホログラムを第2のホログラム記録媒体に再度記録する。そして、第3のステップでは、異なる参照光を用いて多重記録ホログラムを第2の記録媒体に複数枚多重記録する。

【0035】第3のステップにおいて第2のホログラム記録媒体に多重記録された複数枚の多重記録ホログラム

は、第4のステップにおいて選択的に再生される。すなわち、第4のステップでは、例えば、複数枚の多重記録ホログラムが角度多重で第2のホログラム記録媒体に多重記録されている場合には、読み出し光の入射角を選択することにより、所望の多重記録ホログラムを再生する。

【0036】なお、本発明に係るホログラム記録再生方法は、第4のステップにおいて再生された多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムを抽出する第5のステップを経ることが望ましい。この第5のステップでは、例えば、第4のステップにおいて再生された多重記録ホログラムの再生光を空間的な開口を用いて像のフーリエ面上でフィルタリングすることにより所望のホログラムを抽出すること、或いは、第2の再生手段により再生された多重記録ホログラムの再生光を角度依存性を有する素子により選択的に透過又は反射させることにより所望のホログラムを抽出すること等が考えられる。

【0037】また、本発明に係るホログラム記録再生方法は、第1のホログラム記録媒体として、例えば、フォトリフラクティブ結晶等の書き換え可能なホログラム記録材料を用い、第2のホログラム記録媒体として、例えば、フォトポリマー等の一度だけ記録が可能なホログラム記録材料を用いることが望ましい。

【0038】また、本発明に係るホログラム記録再生方法は、第1のステップにおいて、空間光変調器とこの空間光変調器の各画素に対応して複数のマイクロレンズが配列されてなるマイクロレンズアレイとを用い、空間光変調器に入射する光の入射角を変えることにより各マイクロレンズの焦点面におけるスポットを分離させ、空間光変調器に表示された1画像を複数の画像に分割して複数枚のホログラムとして第1の記録媒体に多重記録し、第4のステップにおいて、空間光変調器に表示された1画像が分割された複数枚のホログラムが重ね合わされてなる多重記録ホログラムを再生するようにしてもよい。

【0039】この場合、第4のステップにおいて再生された多重記録ホログラムは、例えば、1画像として表示される。或いは、第5のステップにおいて、多重記録ホログラムを構成する複数枚のホログラムのうち所望のホログラムが抽出される。

【0040】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0041】本発明を適用したホログラム記録再生装置の一構成例を図1に示す。この図1に示すホログラム記録再生装置1は、波長幅が十分狭くコヒーレンスの高いレーザ光を出射する光源2を備えている。この光源2から出射されるレーザ光の光路上には、このレーザ光を平行光に変換するコリメータレンズ3と、このコリメータレンズ3により平行光に変換されたレーザ光の光路を分

岐するための第1のビームスプリッタ4とが配設されている。第1のビームスプリッタ4は、例えば、コリメータレンズ3により平行光に変換されたレーザ光の一部を透過すると共に、他の一部を反射してその光路を例えば約90度折り曲げることにより、このレーザ光の光路を分岐する。

【0042】第1のビームスプリッタ4により反射され、光路が折り曲げられたレーザ光の光路上には、このレーザ光のON/OFFの切り換えを行う第1のシャッタ5と、このレーザ光の進行方向を制御する第1のビームデフレクタ6とが配設されている。第1のビームデフレクタ6は、入射したレーザ光を所定の偏向角で偏向して透過又は反射させることによりこのレーザ光の進行方向を制御するものであり、例えば、音響光学偏向器や電気光学偏向器、ガルバノミラー等より構成される。なお、この第1のビームデフレクタ6は、レーザ光を一次元方向に偏向するようにしてもよいし、二次元方向に偏向するようにしてもよい。

【0043】この第1のビームデフレクタ6により進行方向が制御されたレーザ光の光路上には、空間光変調器7と第1のホログラム記録媒体8とが配設されている。そして、第1のビームデフレクタ6と空間光変調器7との間には、第1のビームデフレクタ6の出射面を空間光変調器7に投影するためのレンズ9、10が配設されている。なお、図1に示す例においては、第1のビームデフレクタ6の出射面を空間光変調器7に等倍で投影する場合を考えて、レンズ9とレンズ10の焦点距離を共にFとし、第1のビームデフレクタ7をレンズ9の焦点面上に配設し、空間光変調器7をレンズ10の焦点面上に配設し、レンズ9とレンズ10の間隔が2Fとなるようにしている。

【0044】ここで、ラグランジェヘルムホルツの関係より、各面への入射光と入射角との積は一定なので、光線を拡大するとビームの偏向角が縮小される。逆にビームの偏向角を大きくしようとする、ビーム径を縮小しなければならない。したがって、必要であれば、この投影倍率や第1のビームデフレクタ7での出射光束の出射径を適当な値に設定することが望ましい。

【0045】空間光変調器7は、例えば透過型の液晶表示装置(LCD)等よりなり、画像信号に応じた画像を表示部に表示する。そして、空間光変調器7は、第1のビームデフレクタ6から出射されたレーザ光をこの表示部を透過させることにより、このレーザ光を表示部に表示した画像に応じて変調する。

【0046】このホログラム記録再生装置1においては、以上のように、第1のビームスプリッタ4により反射され、第1のビームデフレクタ6により偏向された後に空間光変調器7により変調されたレーザ光が物体光とされる。

【0047】空間光変調器7と第1のホログラム記録媒



体 8 との間には、空間光変調器 7 の表示部に表示された画像に応じて変調された物体光をフーリエ変換するためのレンズ 11 が配設されている。なお、図 1 に示す例においては、レンズ 11 の焦点距離を  $f$  とし、空間光変調器 7 と第 1 のホログラム記録媒体 8 とをそれぞれレンズ 11 の焦点面上に配設するようにしている。ここで、第 1 のホログラム記録媒体 8 は、その中心を位置の基準としている。

【0048】第 1 のビームデフレクタ 6 により偏向された後に空間光変調器 7 により変調された物体光は、レンズ 11 を透過することによりフーリエ変換され、そのフーリエ面近傍に配設された第 1 のホログラム記録媒体 8 に、第 1 のビームデフレクタ 6 による偏向角に応じた入射角で入射する。

【0049】一方、第 1 のビームスプリッタ 4 を透過したレーザ光の光路上には、このレーザ光を反射してその光路を約 90 度折り曲げる折り返しミラー 12 と、この折り返しミラー 12 により反射され、光路が折り曲げられたレーザ光の光路を分岐するための第 2 のビームスプリッタ 13 とが配設されている。第 2 のビームスプリッタ 13 は、例えば、折り返しミラー 12 により反射されたレーザ光の一部を透過すると共に、他の一部を反射してその光路を例えば約 90 度折り曲げることにより、このレーザ光の光路を分岐する。

【0050】第 2 のビームスプリッタ 13 により反射され、光路が折り曲げられたレーザ光の光路上には、このレーザ光の ON/OFF の切り換えを行う第 2 のシャッタ 14 が配設されている。また、第 2 のビームスプリッタ 13 を透過したレーザ光の光路上には、このレーザ光の ON/OFF の切り換えを行う第 3 のシャッタ 15 が配設されている。

【0051】そして、このホログラム記録再生装置 1 においては、第 2 のシャッタ 14 が開放されたときに、第 2 のビームスプリッタ 13 により反射され、光路が折り曲げられたレーザ光が、参照光として、上記第 1 のホログラム記録媒体 8 に所定の入射角で入射するようになっている。

【0052】したがって、このホログラム記録再生装置 1 は、第 1 のシャッタ 5 及び第 2 のシャッタ 14 を開放し、第 3 のシャッタ 15 を閉じた状態で光源 2 からレーザ光を出射することにより、空間光変調器 7 により変調され、第 1 のビームデフレクタ 6 による偏向角に応じた入射角で第 1 のホログラム記録媒体 8 に入射する物体光と、所定の入射角で第 1 のホログラム記録媒体 8 に入射する参照光とを、第 1 のホログラム記録媒体 8 中で干渉させ、空間光変調器 7 に表示された画像をホログラムとして第 1 のホログラム記録媒体 8 に記録することができる。

【0053】本発明に係るホログラム記録再生装置 1 は、以上の記録過程を、第 1 のビームデフレクタ 6 によ

る偏向角を変えることにより空間光変調器 7 を透過した物体光の第 1 のホログラム記録媒体 8 への入射角を変えながら、同一の参照光を用いて繰り返し行い、第 1 のホログラム記録媒体 8 に複数枚のホログラムを多重記録する。以下、この記録過程を第 1 のステップという。

【0054】ホログラム記録再生装置 1 は、第 1 のホログラム記録媒体 8 に多重記録された各「ページ」が再生時に全て等しい回折効率を持つように、第 1 のステップにおけるレコーディングスケジュールが設定されている。

【0055】なお、説明の便宜のために、以下の説明においては、第 1 のホログラム記録媒体 8 に記録される 1 枚 1 枚のホログラムを「ページ」と呼び、これらの各「ページ」が同一の参照光を用いて第 1 のホログラム記録媒体に多重記録されることによりこれら複数の「ページ」が重ね合わされてなる多重記録ホログラムを「チャプター」と呼ぶことにする。

【0056】第 1 のステップにおいて第 1 のホログラム記録媒体 8 に多重記録された全ての「ページ」は、上述したように、同一の参照光を用いて記録されている。したがって、ホログラム記録再生装置 1 は、各「ページ」を記録した際に用いた参照光と同じ光を、読み出し光として第 1 のホログラム記録媒体 8 に入射させると、第 1 のホログラム記録媒体 8 に記録された「チャプター」の全ての「ページ」を一括して再生することができる。以下、この再生過程を第 2 のステップという。

【0057】第 2 のステップにおいて再生された再生光の光路上には、この再生光をフーリエ変換するためのレンズ 16、17 と、このレンズ 16、17 を透過した再生光が物体光として入射する第 2 のホログラム記録媒体 18 が配設されている。なお、図 1 に示す例においては、レンズ 16、17 の焦点距離を共に  $f$  とし、第 1 のホログラム記録媒体 8 がレンズ 16 の焦点面上に位置し、第 2 のホログラム記録媒体 18 がレンズ 17 の焦点面上に位置し、レンズ 16 とレンズ 17 との間隔が  $2f$  となるようにしている。ここで、第 2 のホログラム記録媒体 18 は、その中心を位置の基準としている。

【0058】第 2 のステップにおいて、第 1 のホログラム記録媒体 8 から再生された全ての「ページ」、すなわち「チャプター」をレンズ 16 でフーリエ変換すれば、レンズ 16 の焦点面である再生像面に「チャプター」の再生像が再生される。この再生像面に再生された「チャプター」の再生像は、「チャプター」を構成する全ての「ページ」の再生像がコヒーレントに重ね合わされ干渉し合った状態とされているので、この像から各「ページ」を判別して読み出すことはできない。

【0059】本発明に係るホログラム記録再生装置 1 は、この再生像面に再生された「チャプター」の再生像を再びレンズ 17 でフーリエ変換して、フーリエ変換された像を物体光として、そのフーリエ面近傍に配設され

た第2のホログラム記録媒体18に所定の角度で入射させるようにしている。

【0060】一方、上述した第2のビームスプリッタ13を透過したレーザ光の光路上には、このレーザ光の進行方向を制御する第2のビームデフレクタ19が配設されている。この第2のビームデフレクタ19は、第1のビームデフレクタ4と同様に、入射したレーザ光を所定の偏向角で偏向して透過又は反射させることによりこのレーザ光の進行方向を制御するものであり、例えば、音響光学偏向器や電気光学偏向器、ガルバノミラー等より構成される。但し、この第2のビームデフレクタ19は、「チャプター」を角度多重により第2のホログラム記録媒体18に記録するために、参照光の入射角を変える手段として用いられるため、レーザ光を二次元方向に偏向することはできず、物体光光軸を含む1次元面内で偏向させる必要がある。もし、参照光と物体光の作る平面に垂直な方向に参照光を走査すると、縮退が生じて、複数のホログラムが同時に再生されてしまうからである（「フォトリラクティブ非線型光学」、P. Yeh、丸善参照）。但し、フラクタル多重を行う場合はこの限りではなく、参照光と物体光の作る平面に垂直な方向にもレーザ光を偏向することができるが、それほど多くの多重度を得られない上、再生像の位置が参照光と物体光の作る平面に垂直な方向にシフトするため、CCDなどの受光器を移動させるか、大きなCCDを用いるなどの手段を講じなければならない。

【0061】本発明に係るホログラム記録再生装置1においては、第2のビームスプリッタ13を透過し、第2のビームデフレクタ19により進行方向が制御されたレーザ光が、参照光として、第2のビームデフレクタ19

による偏向角に応じた入射角で第2のホログラム記録媒体18に入射するようになされている。

【0062】したがって、このホログラム記録再生装置1は、第1のシャッタ5を閉じて第2及び第3のシャッタ14、15を開放し、光源2からレーザ光を出射することにより、第1のホログラム記録媒体8に多重記録された各「ページ」、すなわち「チャプター」を再生し、この再生光を物体光として所定の入射角で第2のホログラム記録媒体18に入射させると共に、第2のビームスプリッタ13を透過したレーザ光を第2のビームデフレクタ19により偏向し、この偏向角に応じた入射角で第2のホログラム記録媒体18に参照光として入射させ、これらの光を第2のホログラム記録媒体18中で干渉させて、「チャプター」を構成する全ての「ページ」が重ね合わされてなる多重記録ホログラムを1枚のホログラムとして第2のホログラム記録媒体18に記録することができる。

【0063】本発明に係るホログラム記録再生装置1は、以上の記録過程を経て、「チャプター」を構成する全ての「ページ」が重ね合わされてなる多重記録ホログラム

を1枚のホログラムとして第2のホログラム記録媒体18に記録したら、再度、第1のステップに戻って、第1のホログラム記録媒体8に新たな「ページ」を多重記録し、第1のホログラム記録媒体8に新たな「チャプター」を構成する。このとき、第1のホログラム記録媒体8へ新たな「チャプター」を記録する前に、第1のホログラム記録媒体8に記録された古い「チャプター」の全ての「ページ」を光照射や加熱などの手段を用いて消去するようにしてもよい。

10 【0064】第1のホログラム記録媒体8へ新たな「チャプター」が記録されたら、第2のステップにより、この「チャプター」を再生する。そして、この「チャプター」の再生像を物体光として再び第2のホログラム記録媒体18へ入射させる。このとき、第2のビームデフレクタ19による偏向角を変えることにより参照光の第2のホログラム記録媒体18への入射角を前の「チャプター」記録時とは異ならせ、新たな「チャプター」を第1のホログラム記録媒体18に記録する。この手続きを繰り返して、第2の記録媒体18に、複数の「チャプター」をいわゆる角度多重記録により記録する。以下、この記録過程を第3のステップという。

20 【0065】ホログラム記録再生装置1は、第2のホログラム記録媒体18に多重記録された各「チャプター」が再生時に全て等しい回折効率を持つように、第3のステップにおけるレコーディングスケジュールが設定されている。

【0066】なお、説明の便宜のために、以下の説明においては、同一の参照光で多重記録された「ページ」からなる「チャプター」を、第2のホログラム記録媒体18に「チャプター」毎に異なる参照光を用いて多重記録したホログラムの全体を「ブック」と呼ぶことにする。

30 【0067】第3のステップにおいて第2のホログラム記録媒体18に複数の「チャプター」が多重記録されてなる「ブック」のうち、所望の「チャプター」を再生するには、第1のシャッタ5及び第2のシャッタ14を閉じ、第3のシャッタ15を開放した状態で光源2からレーザ光を出射させ、第2のビームデフレクタ19による偏向角を調整して、再生する「チャプター」を記録した際に用いた参照光と同じ光を、読み出し光として第2のホログラム記録媒体18に入射させればよい。以下、この再生過程を第4のステップという。

40 【0068】第4のステップにおいて再生された再生光の光路上には、この再生光をフーリエ変換するためのレンズ20、21が配設されている。図1に示す例においては、レンズ20、21の焦点距離を共に $f$ とし、第2のホログラム記録媒体18がレンズ20の焦点面上に位置し、レンズ20とレンズ21との間隔が $2f$ となるようにしている。

50 【0069】第4のステップにおいて、第2のホログラム記録媒体18から選択的に再生された「チャプター」を



レンズ20でフーリエ変換すれば、レンズ20の焦点面である再生像面に選択された「チャプター」の再生像が再生される。しかし、上述したように、この再生像面に再生された「チャプター」の再生像は、「チャプター」を構成する全ての「ページ」の再生像がコヒーレントに重ね合わされ干渉し合った状態とされているので、この像から各「ページ」を判別して読み出すことはできない。

【0070】そこで、本発明に係るホログラム記録再生装置1は、この再生像面に再生された「チャプター」の再生像を再びレンズ21でフーリエ変換して、フーリエ変換された像をレンズ21の焦点面である再生像面に再生する。ここで、レンズ21の焦点面である再生像面は、空間光変調器7のフーリエ変換面になっている。したがって、空間光変調器7の面で異なる方向の平行光線はこの再生像面において異なる点に集光されることになる。具体的には、空間光変調器7は、一般的に、各画素の形状が矩形開口であるものが殆どであるため、この再生像面に再生される再生像は、縦横に回折光が広がった回折パターンをとる。

【0071】本発明に係るホログラム記録再生装置1は、このレンズ21の焦点面である再生像面に、再生像の縦横の正負1次光までを含めて、特定の「ページ」成分の回折光をフィルタリングして取り出すホログラム抽出手段22を配設し、このホログラム抽出手段22により再生像面に再生された「チャプター」の中から所望の「ページ」を抽出するようにしている。以下、この所望の「ページ」を抽出する過程を第5のステップという。

【0072】第5のステップにおいて用いるホログラム抽出手段22としては、例えば、開口部が可動のアパーチャが考えられる。すなわち、このアパーチャを用いて、「チャプター」全体の回折パターンの中から所望の「ページ」の成分だけを開口部を介して透過させると共に他の「ページ」の回折光を遮断し、開口部を介して透過した「ページ」成分の回折光を、その光路上に配設されたレンズ23で再度フーリエ変換することで、その「ページ」の像をレンズ23の後側焦点面に復元することができる。

【0073】そして、このレンズ23の後側焦点面に、CCD等のディテクターアレイ24を配設すれば、ホログラム抽出手段22により抽出された「ページ」のデータを読み取ることができる。

【0074】ここで、開口部が可動なアパーチャとしては、例えば、図2に示すような液晶シャッターアレイ30を用いることが考えられる。この液晶シャッターアレイ30は、フィルタ面に液晶セル31のアレイからなるシャッターのアレイが多数配置されてなるものである。液晶セル31は、ディスプレイ用パネル等に使用される液晶セルと同様のものであり、液晶を配向膜と透明電極をコーティングした2枚の透明基板で挟んでなるものである。そして、これら各液晶セル31には、各部を独立

に駆動できるトランジスタ素子や配線が施されている。液晶シャッターアレイ30は、これら各液晶セル31に外部から電気信号を与えることで、各液晶セル31の光の透過率を個別に制御することができる。ここで、各液晶セル31の開口は、特定の「ページ」の回折光のみを空間的に選択できる形状と大きさを持つようになされている。

【0075】この液晶シャッターアレイ30を用いて、所望の「ページ」に対応した部分の液晶セル31の透過率のみを高め、他の部分の液晶セル31の透過率を低くすれば、図3に示すように、「チャプター」全体の回折パターンの中から所望の「ページ」の成分だけをこれに対応した部分の液晶セル31の開口部を介して透過させると共に他の「ページ」の回折光を遮断して、所望の「ページ」のみを選択して再生することができる。この液晶シャッターアレイ30を構成する各液晶セル31の動作原理は様々なものが考えられ、空間光変調器として知られている様々な素子、例えば、反射型液晶ディスプレイ、光書込型ライトバルブ、微細加工技術を用いたマイクロミラーアレイなどのマイクロマシン等を用いることができる。

【0076】また、開口部が可動なアパーチャとしては、上述した液晶シャッターアレイ30のように電氣的に開口部を移動させるものの他に、例えば、機械的に開口部を移動させるシャッタ装置を用いるようにしてもよい。

【0077】また、第5のステップにおいて用いるホログラム抽出手段22としては、例えば、図4に示すように、固定された開口部を有するアパーチャ40とガルバノミラー等の光の進行方向を可変にするビーム偏向手段41とを組み合わせたものが考えられる。この場合、第4のステップにおいて再生された再生光の光路上に、レンズ20に変えて、この再生光を平行光に変換するレンズ42を配設する。そして、レンズ42により平行光に変換された再生光の光路上にビーム偏向手段41を配設する。このビーム偏向手段41により、その後段に配設されたレンズ21の焦点面で「チャプター」に属する全ての「ページ」の回折パターンは走査されることになる。そして、「チャプター」に属する全ての「ページ」の回折パターンが走査されるレンズ21の焦点面に、アパーチャ40が配設される。

【0078】アパーチャ40には、「チャプター」全体の回折パターンの中から選択された1枚の「ページ」の回折光のみを透過する開口部43が、例えばその中心部に設けられている。そして、このアパーチャ40は、選択された「ページ」以外の「ページ」の回折光は全て遮断するようになされている。したがって、この尾ホログラム抽出手段22は、ビーム偏向手段41により偏向された「チャプター」全体の回折パターンの中から所望の「ページ」の成分だけをアパーチャ40の開口部43を介して透過させることにより、「チャプター」の中から所望の

「ページ」のみを抽出することができる。

【0079】なお、ホログラム抽出手段22は、「チャプター」の中から所望の「ページ」のみを抽出することができるものであれば、上述した例以外の構成とされていてもよく、また、上述した例を組み合わせた構成とされていてもよい。

【0080】本発明に係るホログラム記録再生装置1の空間光変調器7からディテクターアレイ24までの部分を図5に拡大して示す。また、図5中(a)～(g)の各面におけるレーザ光の強度分布を図6(a)～図6(g)に模式的に示す。

【0081】このホログラム記録再生装置1において、空間光変調器7を透過するレーザ光は、図5中(a)面で図6(a)のようなパターンとなる。また、第1のホログラム記録媒体8に入射した物体光は、図5中(b)面で図6(b)のようなパターンとなる。また、レンズ16を透過した再生光(物体光)は、図5中(c)面で図6(c)のようなパターンとなる。また、第2のホログラム記録媒体18に入射した物体光は、図5中(d)面で図6(d)のようなパターンとなる。また、レンズ20を透過した再生光は、図5中(e)面で図6(e)のようなパターンとなる。また、レンズ21を透過した再生光は、図5中(f)面で図6(f)のようなパターンとなる。また、ディテクターアレイ24に入射した再生光は、図5中(g)面で図6(g)のようなパターンとなる。

【0082】ここで、「チャプター」を構成する各「ページ」の物体光(或いは再生光)は、異なる入射角の光線であるため、そのフーリエ面である(b)面、(d)面、(f)面では、空間的に分離された回折パターンを示す。また、第1のホログラム記録媒体8に記録された「チャプター」の再生像面である(c)面及び第2のホログラム記録媒体18に記録された「チャプター」の再生像面である(f)面では、「チャプター」に属する全ての「ページ」が再生されるため、全ての「ページ」をコヒーレントに重ね合わせたパターンが観察される。そして、本発明に係るホログラム記録再生装置1においては、この「チャプター」の再生像の中から所望の「ページ」のみがホログラム抽出手段22により抽出され、この「ページ」の成分のみがディテクターアレイ24に入射するので、(g)面ではこの選択された1枚の「ページ」のみが観察される。

【0083】したがって、本発明に係るホログラム記録再生装置1においては、第1のホログラム記録媒体8はバッファメモリーとして情報を一時蓄え、第2のホログラム記録媒体18がメインメモリーとしての役割を果たすことになる。ここで、第1のホログラムにm枚の「ページ」を記録し、これを第2のホログラムにn回コピーする時、つまり、それぞれm「ページ」からなるn「チャプター」を1「ブック」とする時、1「ブック」は(n

×m)「ページ」から構成される。このとき、1「ページ」当たりの回折効率 $\eta$ は、 $1/(n^2 \times m)$ である。通常のレコーディングスケジュールでホログラムを多重記録した時の回折効率は、 $1/(n^2 \times m^2)$ であるから、本発明に係るホログラム記録再生装置1によりホログラムを記録再生することで、各ホログラムの回折効率を通常のレコーディングスケジュールで多重記録した場合のm倍にすることができる。

【0084】具体的には、例えば、1000枚のホログラムを通常のレコーディングスケジュールで多重記録した場合、1枚のホログラムの回折効率は $10^{-8}$ となるのに対して、本発明に係るホログラム記録再生装置1により、100「ページ」、10「チャプター」として1000枚のホログラムを記録再生した場合、1枚のホログラムの回折効率は $10^{-4}$ となる。したがって、本発明に係るホログラム記録再生装置1を用いて以上のように1000枚のホログラムを記録再生することにより、1枚のホログラムの回折効率を、通常のレコーディングスケジュールで多重記録した場合の100倍にすることができることが分かる。

【0085】(マイクロレンズアレイを用いた例) 次に、空間光変調器7の各画素に対応して複数のマイクロレンズが配列されてなるマイクロレンズアレイを備えたホログラム記録再生装置について説明する。なお、以下の説明において、上述したホログラム記録再生装置1と同様の構成については同一の符号を付して詳細な説明を省略する。

【0086】ホログラム記録再生装置にマイクロレンズアレイを用いた場合、空間光変調器7に入射する光の入射角を変えることにより、各マイクロレンズの焦点面におけるスポットを分離させ、空間光変調器7に表示された1枚の画像を複数の画像に分割することができる。

【0087】この例のようにマイクロレンズアレイを用いた場合は、上述したホログラム記録再生装置1の原理が空間光変調器7の各画素毎に適用されることになる。したがって、この例において特定の「ページ」を抽出する場合には、ホログラム抽出手段22によるフィルタリングをマイクロレンズアレイの像面において、各画素単位で行えばよい。

【0088】マイクロレンズアレイを用いたホログラム記録再生装置の一構成例を図7に示す。ここでは、第1のホログラム記録媒体8に対して記録再生を行う部分のみを図示して説明する。

【0089】この図7に示すホログラム記録再生装置50においては、光源2より出射されたレーザ光は、コリメーターレンズ3により平行光に変換された後、第1のビームスプリッタ4によりその光路が分岐される。そして、この図7に示す例においては、第1のビームスプリッタ4により反射されたレーザ光が、折り返しミラー12により反射されて、参照光として第1のホログラム

記録媒体8に所定の入射角で入射する。なお、ここでは図示を省略しているが、折り返しミラー12により反射されたレーザ光の光路上に第2のビームスプリッタを配設することにより、第2のホログラム記録媒体に入射させる参照光を得ることができる。

【0090】第1のビームスプリッタ4を透過したレーザ光は、ガルバノミラー等の第1のビームデフレクタ6により所定の偏向角で偏向され、進行方向が制御される。第1のビームデフレクタ6により進行方向が制御されたレーザ光は、各「ページ」毎に異なる入射角で空間光変調器7に入射する。そして、この空間光変調器7に表示された画像に応じて変調されたレーザ光が物体光とされる。

【0091】このホログラム記録再生装置50においては、空間光変調器7の射出側にマイクロレンズアレイ51が配設されている。したがって、空間光変調器7を透過してこの空間光変調器7に表示された画像に応じて変調された物体光は、空間光変調器7の各画素毎に異なるマイクロレンズエレメントによって集光される。この各マイクロレンズエレメントのスポットを、レンズ11によりフーリエ変換し、物体光として第1のホログラム記録媒体8に入射させる。これにより、マイクロレンズエレメントにより集光された物体光と、所定の入射角で第1のホログラム記録媒体8に入射する参照光とを、第1のホログラム記録媒体8中で干渉させ、マイクロレンズエレメントにより集光されたスポットの像を「ページ」として第1のホログラム記録媒体8に記録することができる。

【0092】ホログラム記録再生装置50は、以上の記録過程を、第1のビームデフレクタ6による偏向角を変えることにより空間光変調器7に入射するレーザ光の入射角を変えながら、同一の参照光を用いて繰り返し行い、第1のホログラム記録媒体8に複数「ページ」を多重記録する。

【0093】このマイクロレンズアレイ51を用いたホログラム記録再生装置50は、上述したホログラム記録再生装置1と比較して、以下のような特徴がある。すなわち、このホログラム記録再生装置50により第1のホログラム記録媒体8に記録されたホログラムの再生光を再びフーリエ変換して得られた再生像は、マイクロレンズアレイ51の焦点面の像である。したがって、異なる「ページ」を記録する際に空間光変調器7に入射させるレーザ光の角度間隔を十分大きくとれば、図8乃至図10に示すように、再生像面では各画素を分離することができ、この再生像面にCCD等のディテクターアレイを配設すれば、高精細な像を再生することができる。

【0094】但し、このマイクロレンズアレイ51を用いたホログラム記録再生装置50により第1のホログラム記録媒体8に記録されたホログラムの再生光を再びフーリエ変換して得られた再生像は、図11に示すよう

に、異なる「ページ」の画素が隣り合っている像であり、同じ「ページ」の画素は周期的に分布することになる。したがって、元の「ページ」を再生するには、上述したホログラム記録再生装置1と同様に、第1のホログラム記録媒体8に記録された「チャプター」の像を一括して再生し、ハードウェア若しくはソフトウェアで電気信号処理を行うことにより、この像を元の「ページ」に並べ替えるようにする。

【0095】また、逆に、最終的に所望の再生像が得られるように、記録時に記録するデータを処理しておくようにしてもよい。このように最終的に所望の再生像が得られるように記録データを処理しておけば、このホログラム記録再生装置50を画像表示装置として用いることができる。特開平7-36040にて開示される表示装置は、全ての画素を同時に表示できないために、空間光変調器に高速動作が要求されるという問題があった。しかしながら、このホログラム記録再生装置50は、「チャプター」に含まれる全ての「ページ」を同時に表示することができるので、空間光変調器7を高速動作させることなく高精細な画像を適切に表示することが可能である。また、このホログラム記録再生装置50は、空間光変調器7の画素数を「ページ」数倍にできるため、高精細な静止画表示装置や三次元画像の表示に用いることができる。

【0096】次に、このマイクロレンズアレイ51を用いたホログラム記録再生装置50により第1のホログラム記録媒体8に記録されたホログラムを、「ページ」毎に1枚ずつ抜き出して再生する場合について説明する。このホログラム記録再生装置50の空間光変調器7からディテクターアレイ24までの部分を図12に図示する。このホログラム記録再生装置50は、上述したホログラム記録再生装置1において用いられていたレンズ21に変えてマイクロレンズアレイ52が配設され、また、ホログラム抽出手段22として、角度依存性フィルタ53が用いられていることを特徴としている。

【0097】上述したように、このホログラム記録再生装置50においては、空間光変調器7を透過し、マイクロレンズアレイ51により空間光変調器7の各画素毎に集光されたスポットの像が「ページ」として第1のホログラム記録媒体8に記録される。そして、空間光変調器7に入射するレーザ光の入射角を変えながら、同一の参照光を用いて以上の記録過程が繰り返し行われることにより、第1のホログラム記録媒体8に複数の「ページ」が多重記録される。

【0098】この第1のホログラム記録媒体8に、記録時に用いた参照光と同じ光を読み出し光として入射させることにより、第1のホログラム記録媒体8に多重記録された全ての「ページ」、すなわち「チャプター」の像が一括して再生される。そして、この再生光がレンズ16及びレンズ17を透過した後に、物体光として第2のホロ

グラム記録媒体 18 に入射する。

【0099】この物体光と参照光とを第 2 のホログラム記録媒体 18 中で干渉させることにより、第 2 のホログラム記録媒体 18 に「チャプター」が複写記録される。以上の記録過程を、各再生「チャプター」毎に入射角等を変化させた参照光を用いて繰り返し行うことにより、第 2 のホログラム記録媒体 18 へ角度多重等の多重方法により複数の「チャプター」が多重記録される。

【0100】第 2 のホログラム記録媒体から所望の「チャプター」を再生する場合には、この「チャプター」を記録する際に用いた参照光と同じ光を読み出し光として第 2 のホログラム記録媒体 18 に入射させる。これにより、第 2 のホログラム記録媒体 18 から所望の「チャプター」が一括して再生される。この再生光をレンズ 20 によりフーリエ変換すれば、このレンズ 20 の焦点面に「チャプター」に含まれる全ての「ページ」の像が重ね合わされて再生される。

【0101】ホログラム再生装置 50 は、このレンズ 20 の焦点面に再生像面に焦点を置くマイクロレンズアレイ 52 により、この再生像の各スポットを「ページ」毎に異なる角度に進行する平行光に変換する。このマイクロレンズアレイ 52 は、各レンズエレメントが空間光変調器 7 の 1 画素に 1 対 1 で対応するように配置される。したがって、空間光変調器 7 に異なる入射角度で入射した光を物体光として形成された各ホログラムの再生光は、それぞれ異なる進行方向を持つことになる。

【0102】ホログラム記録再生装置 50 は、この各ホログラムの再生光の光路上に角度依存性を持つ反射もしくは透過フィルタ（角度依存性フィルタ 53）が配設されている。そして、ホログラム記録再生装置 50 は、各ホログラムの再生光をこの角度依存性フィルタ 53 により選択的に反射又は透過させることにより、各ホログラムの再生光から一つの進行方向を持つ成分のみを取り出すようにしている。

【0103】この角度依存性フィルタ 53 により抽出された再生光の成分は、一つの「ページ」の成分である。この一つの「ページ」の成分が、レンズ 23 を透過することにより、マイクロレンズ出射面の像として結像する。そして、この像面に配設された CCD 等のディテクタアレイ 24 により、角度依存性フィルタ 53 により抽出された「ページ」のデータが読み取られる。

【0104】ホログラム記録再生装置 50 は、以上の再生過程を、例えば、角度依存性フィルタ 53 を回転させることにより、若しくは角度依存性フィルタ 53 の選択角度を変化させながら繰り返すことで、「チャプター」の中の所望の「ページ」を次々に分離して取り出すことができる。

【0105】ここで、この角度依存性フィルタ 53 としては、全反射やブラッグ回折、多重反射の薄膜中の干渉、波長以下の微細構造などの原理を用いた光学素子を

用いることができる。ブラッグ回折を用いた光学素子としては、音響光学素子や体積型ホログラムなどが挙げられる。また、波長以下の構造を持つ回折格子やフォトリソグラフィ結晶は、特定の波長、特定の入射角度に対して、共鳴的な回折効率や透過率が生じるので、これを利用することができる。また、これらのうち、複数個を組み合わせて使用することも可能である。

【0106】（その他の変形例）なお、上述したホログラム記録再生装置 1 やホログラム記録再生装置 50 においては、第 1 のホログラム記録媒体 8 と第 2 のホログラム記録媒体 18 の 2 つのホログラム記録媒体を用いるようにしていたが、本発明に係るホログラム記録再生装置は、以上の例に限定されるものではなく、2 つ以上のホログラム記録媒体を用いるようにしてもよい。例えば、ホログラム記録再生装置は、第 1 のホログラム記録媒体 8 を複数個並列に設置した場合には、記録速度の向上を図ることができる。また、ホログラム記録再生装置は、ホログラム記録媒体を直列に配列して、複写記録を繰り返すことで、回折効率の向上を図ることができる。

【0107】また、上述したホログラム記録再生装置 1 やホログラム記録再生装置 50 においては、第 1 のホログラム記録媒体 8 へのホログラム記録時に、参照光として同一の光を用いるようにしていたが、本発明に係るホログラム記録再生装置は、以上の例に限定されるものではなく、通常、角度多重記録と同様に、各「ページ」をそれぞれ異なる参照光で記録し、この参照光と同じ光を読み出し光として全て同時に第 1 のホログラム記録媒体 8 へ入射させ、全てのホログラムを一括して再生するようにしてもよい。この場合、複数の異なる参照光を生成する手段が必要になるため、構造が複雑になるが、このような構成とすることで選択的に特定のページだけを第 2 のホログラム 18 に複写記録することができる。

【0108】また、第 1 のホログラム記録媒体 8 と第 2 のホログラム記録媒体 18 は同一の材料である必要はなく、様々なホログラム記録材料を組み合わせることができる。例えば、第 1 のホログラム記録媒体 8 若しくは第 2 のホログラム記録媒体 18 として、 $\text{Pr}:\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{Pr}:\text{LiTaO}_3$  等の二波長記録が可能な材料を用い、記録時のみ短波長の光線を照射することで、いわゆる二波長ゲート記録により、非破壊再生を実現することも可能である（USP 5665493 Bai et al., Y. S. Bai and R. Kachru, Phys. Rev. Lett., 78, 2944, 1997 参照）。また、ホログラム記録媒体としてフォトリソマーを用いた場合は、長期にわたって安定で、長期間保存が可能なホログラムを記録できる。したがって、第 1 のホログラム記録媒体 8 の材料として、長期保存には向かなくとも回折効率が高く記録感度が高い、例えばフォトリソグラフィ結晶等の材料を用い、第 2 のホログラム記録媒体 18 の材料として、フォトリソマー等の長期保存が可能な材料を用いれば、二つの材料の欠点を互いに補い合いな

から長所を生かしたホログラム記録再生システムを構築することができる。

【0109】特に、ホログラム記録媒体としてフォトポリマーを用いる場合は、図13に示すように、ホログラム記録媒体の形状をディスク形状にすることが有効である。光ディスクと同様の円盤構造にホログラム記録媒体を加工し、これを回転させることで、ホログラム記録媒体の異なる位置に別のホログラムを書込むことができる上、取り扱いが容易である。また、多重化のために、ビームデフレクターなどのビーム偏向手段を用いずとも、ディスクの回転によってこれを代用することができる。このような形状のホログラム記録媒体に対して多重記録を行う場合には、シフト多重記録やペリストロフィック多重記録が有効である。

【0110】図13に示すホログラム記録再生装置60は、第1のホログラム記録媒体8として、バルク形状のフォトリフラクティブ結晶を用いている。そして、このフォトリフラクティブ結晶よりなる第1のホログラム記録媒体8に角度多重でホログラムを多重記録するようにしている。また、このホログラム記録再生装置60は、第2のホログラム記録媒体18として、フォトポリマーをディスク表面に層状に塗布してなるものを用いている。そして、このディスク状の第2のホログラム記録媒体18にシフト多重でホログラムを多重記録するようにしている。なお、このホログラム記録再生装置60のその他の構成については、上述したホログラム記録再生装置1と殆ど同じであるので、同一の構成については同一の符号を付して説明を省略する。

【0111】また、上述したホログラム記録再生装置1やホログラム記録再生装置50においては、第2のホログラム記録媒体18の多重記録方法として、角度多重方式を用いた場合について述べたが、本発明に係るホログラム記録再生装置は、以上の例に限定されるものではなく、その他の多重記録方法を用いてもよい。すなわち、角度多重方式の変形と考えられるシフト多重方式やペリストロフィック多重方式、位相コード多重方式等に加えて、波長多重方式や空間多重方式、フラクタル多重方式等を、この第2のホログラム記録媒体18へのホログラム記録に用いることができる。また、これらのいくつかを組み合わせた多重方式を採用してもよい。ただし、波長多重方式を用いる場合は、同一の参照光を用いて再生するために、「チャプター」毎に異なる波長を第1のホログラム記録媒体8へのホログラム記録時にも用いる必要がある。

【0112】また、ホログラム再生時の参照光を、記録時の参照光と同じ波面を持ち反対方向に伝播する共役光を用いれば、物体光も反対方向に再生されることが知られている。本発明に係るホログラム記録再生装置は、この現象（位相共役）を利用して、第1のホログラム記録媒体8若しくは第2のホログラム記録媒体18の再生を

行うようにしてもよい。

【0113】位相共役を利用したホログラム記録再生装置の一構成例を図14に示す。この図14に示すホログラム記録再生装置70は、光源71から波長幅が十分狭くコヒーレンスの高いレーザ光を出射する。光源71から出射したレーザ光は、コリメータレンズ72を透過して平行光に変換された後、第1のビームスプリッタ73に入射する。第1のビームスプリッタ73に入射したレーザ光は、その一部がこの第1のビームスプリッタ73を透過し、他の部分がこの第1のビームスプリッタ73により反射される。

【0114】第1のビームスプリッタ73を透過したレーザ光は、その光路上に配設された第2のビームスプリッタ74に入射する。そして、第2のビームスプリッタ74に入射したレーザ光は、その一部がこの第2のビームスプリッタ74を透過し、他の部分がこの第2のビームスプリッタ74により反射される。

【0115】第2のビームスプリッタ74を透過したレーザ光は、その光路上に配設された第3のビームスプリッタ75に入射する。そして、第3のビームスプリッタ75に入射したレーザ光は、その一部がこの第3のビームスプリッタ75を透過し、他の部分がこの第3のビームスプリッタ75により反射される。

【0116】第3のビームスプリッタ75を透過したレーザ光は、第1のビームデフレクタ76によりその進行方向が制御された後に空間光変調器77に入射する。そして、空間光変調器77を透過してこの空間光変調器77に表示された画像に応じて変調された光が物体光とされる。この物体光は、第4のビームスプリッタ78を透過し、レンズ79によりフーリエ変換された後に、第1のビームデフレクタ76による偏向角に応じた入射角で第1のホログラム記録媒体80に入射する。

【0117】一方、第2のビームスプリッタ74により反射されたレーザ光は、第1のミラー81及び第2のミラー82により反射され、所定の入射角で第1のホログラム記録媒体80に入射する。これにより、第1のホログラム記録媒体80中で物体光と参照光とが干渉し、第1のホログラム記録媒体80にホログラム（「ページ」）が記録される。

【0118】このホログラム記録再生装置70は、以上の記録過程を、物体光の入射角を変えながら同一の参照光を用いて繰り返し行い、第1のホログラム記録媒体80に複数の「ページ」を多重記録する。

【0119】ここで、第3のビームスプリッタ75により反射されたレーザ光は、第3のミラー83及び第4のミラー84により反射された後に、第1のホログラム記録媒体80に入射する。このレーザ光は、参照光と同じ波面を持ち反対方向に伝播する共役光であるので、この参照光の共役光を読み出し光として用いれば、第1のホログラム記録媒体80に多重記録された複数の「ペー



ジ」(「チャプター」)が一括再生され、この再生光が第1のホログラム記録媒体80の物体光が入射した側から出射することになる。

【0120】この再生光は、レンズ79によりフーリエ変換された後、第4のビームスプリッタ78により反射され、第5のビームスプリッタ85に入射する。そして、第5のビームスプリッタ85を透過した再生光が、レンズ86によりフーリエ変換された後に、物体光として第2のホログラム記録媒体87に所定の入射角で入射する。

【0121】一方、第1のビームスプリッタ73により反射されたレーザ光は、第2のビームデフレクタ88により進行方向が制御され、第2のビームデフレクタ88による偏向角に応じた入射角で、第2のホログラム記録媒体87に参照光として入射する。これにより、第2のホログラム記録媒体87中で物体光と参照光とが干渉し、第1のホログラム記録媒体80から一括して読み出された「チャプター」が第2のホログラム記録媒体87に複写記録される。

【0122】このホログラム記録再生装置70は、以上の記録過程を、参照光の入射角を変えながら繰り返し行い、第1のホログラム記録媒体80から次々に読み出された複数の「チャプター」を、角度多重等の多重方式により、第2のホログラム記録媒体87に複写記録する。

【0123】第2のホログラム記録媒体80に参照光として入射したレーザ光は、第2のホログラム記録媒体80を透過した後に、その光路上に配設された第5のミラー89により反射される。そして、第5のミラー89により反射されたレーザ光は、再度第2のホログラム記録媒体87内に入射する。このレーザ光は、参照光と同じ波面を持ち反対方向に伝播する共役光である。したがって、このレーザ光を読み出し光として用いられ、第2のホログラム記録媒体87に多重記録されたホログラムが選択的に再生され、この再生光が第2のホログラム記録媒体87の物体光が入射した側から出射することになる。

【0124】この再生光は、レンズ86によりフーリエ変換された後、第5のビームスプリッタ85に入射する。そして、第5のビームスプリッタ85により反射された再生光は、レンズ90により再度フーリエ変換された後、ホログラム抽出手段91に入射する。そして、このホログラム抽出手段91により、第2のホログラム記録媒体87から読み出された「チャプター」の中から特定の「ページ」成分だけが抽出される。

【0125】ホログラム抽出手段91により抽出された特定の「ページ」成分の光は、レンズ92により再度フーリエ変換された後、CCD等のディテクターアレイ93により受光される。これにより、第2のホログラム記録媒体87から読み出された「チャプター」の中から、所望の「ページ」のデータを読み取ることができる。

【0126】なお、以上は、ホログラムをフーリエホログラムとして記録する例について述べたが、本発明に係るホログラム記録再生装置は、以上の例に限定されるものではなく、例えば、イメージホログラムやフレネルホログラム等の他のホログラムを記録するように構成されていてもよい。また、以上は、透過型ホログラムを記録再生する例について述べたが、本発明に係るホログラム記録再生装置は、この例に限定されるものではなく、反射型ホログラムを記録再生するように構成されていてもよい。

【0127】また、本発明の手法は、情報記録再生装置や画像表示装置にのみ適用されるものではなく、その他、ホログラム記録再生の原理を利用するものに広く適用することができる。例えば、相関演算機、連想記憶等の光コンピュータ、光インターコネクション、ホログラムプリンタ、ホログラフィー干渉計、ホログラフィック光学素子等に本発明の手法を適用することができる。

【0128】

【発明の効果】本発明に係るホログラム記録再生装置によれば、第1の記録手段により第1のホログラム記録媒体に多重記録されたホログラムが、第1の再生手段により一括して再生され、この一括再生された多重記録ホログラム複数枚が、第2の記録手段により第2のホログラム記録媒体に多重複写記録されるので、最終的なホログラム1枚当たりの回折効率を第1のホログラム記録媒体に多重記録する際の多重枚数倍にすることができる。これにより、ホログラムの多重記録による回折効率の低下を避けることができ、S/N比を向上させて、記録情報量を増やすことができる。

【0129】また、このホログラム記録再生装置によれば、第1の記録手段により第1のホログラム記録媒体に多重記録されたホログラムが、第1の再生手段により一括して再生されるので、一度に再生されるホログラム1枚当たりに含まれる情報量が多く、アクセス速度の向上が実現される。

【0130】また、このホログラム記録再生装置によれば、第1の記録手段により第1のホログラム記録媒体に多重記録されたホログラムが、第1の再生手段により一括して再生されるので、一度に多くの空間的情報を表示することができる。したがって、このホログラム記録再生装置は、高精細な静止画像や三次元画像の表示装置として用いることができる。

【0131】また、本発明に係るホログラム記録再生方法によれば、第1のステップにおいて第1のホログラム記録媒体に多重記録されたホログラムが、第2のステップにおいて一括して再生され、この一括再生された多重記録ホログラム複数枚が、第3のステップにおいて第2のホログラム記録媒体に多重複写記録されるので、最終的なホログラム1枚当たりの回折効率を第1のホログラム記録媒体に多重記録する際の多重枚数倍にすることが

できる。これにより、ホログラムの多重記録による回折効率の低下を避けることができ、S/N比を向上させて、記録情報量を増やすことができる。

【0132】また、このホログラム記録再生方法によれば、第1のステップにおいて第1のホログラム記録媒体に多重記録されたホログラムが、第2のステップにおいて一括して再生されるので、一度に再生されるホログラム1枚あたりに含まれる情報量が多く、アクセス速度の向上が実現される。

【0133】また、このホログラム記録再生方法によれば、第1のステップにおいて第1のホログラム記録媒体に多重記録されたホログラムが、第2のステップにおいて一括して再生されるので、一度に多くの空間的情報を表示することができるので、高精細な静止画像や三次元画像を表示することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るホログラム記録再生装置の一構成例を示す模式図である。

【図2】ホログラム抽出手段として用いる液晶シャッタアレイを示す平面図である。

【図3】上記液晶シャッタアレイを用いて所望のホログラムの成分を抽出する様子を説明する模式図である。

【図4】ホログラム抽出手段として固定された開口部を有するアパーチャとビーム偏向手段とを組み合わせる例を示す模式図である。

【図5】本発明に係るホログラム記録再生装置の空間光変調器からディテクターアレイまでの部分を拡大して示す模式図である。

【図6】図5中(a)～(g)面におけるレーザ光の強度分布を示す図であり、(a)は図5中(a)面におけるパターンを示し、(b)は図5中(b)面におけるパターンを示し、(c)は図5中(c)面におけるパターンを示し、(d)は図5中(d)面におけるパターンを示し、(e)は図5中(e)面におけるパターンを示し、(f)は図5中(f)面におけるパターンを示し、(g)は図5中(g)面におけるパターンを示している。

【図7】マイクロレンズアレイを用いたホログラム記録再生装置の第1のホログラム記録媒体に対して記録再生を行う部分を示す模式図である。

【図8】マイクロレンズアレイにより空間光変調器の各画素のスポットが再生像面において分離される様子を説明する模式図である。

【図9】マイクロレンズアレイにより空間光変調器の各画素のスポットが再生像面において分離される様子を示す側面図である。

【図10】図9における再生像面の様子を示す平面図である。

【図11】マイクロレンズアレイを用いたホログラム記録再生装置により第1のホログラム記録媒体に記録されたホログラムの再生光から得られる再生像を示す図である。

【図12】マイクロレンズアレイを用いたホログラム記録再生装置の空間光変調器からディテクターアレイまでの部分を示す模式図である。

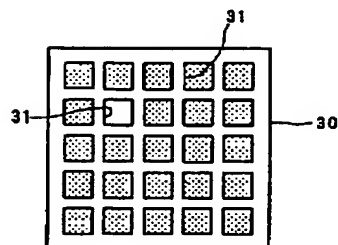
【図13】第1のホログラム記録媒体としてバルク形状のフォトリフラクティブ結晶を用い、第2のホログラム記録媒体としてフォトポリマーをディスク表面に層状に塗布してなるものを用いたホログラム記録再生装置を示す模式図である。

【図14】位相共役を利用したホログラム記録再生装置の一構成例を示す模式図である。

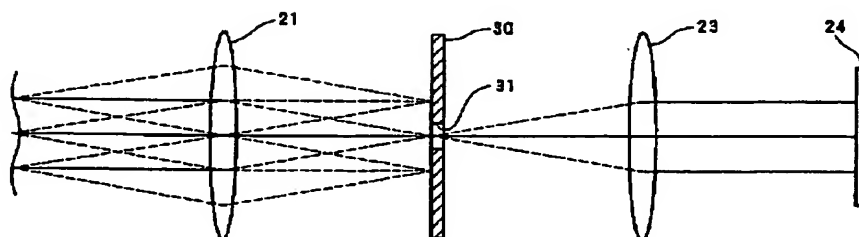
#### 【符号の説明】

1 ホログラム記録再生装置、2 光源、6 第1のビームデフレクタ、7 空間光変調器、8 第1のホログラム記録媒体、18 第2のホログラム記録媒体、19 第2のビームデフレクタ、22 ホログラム抽出手段、24 ディテクターアレイ

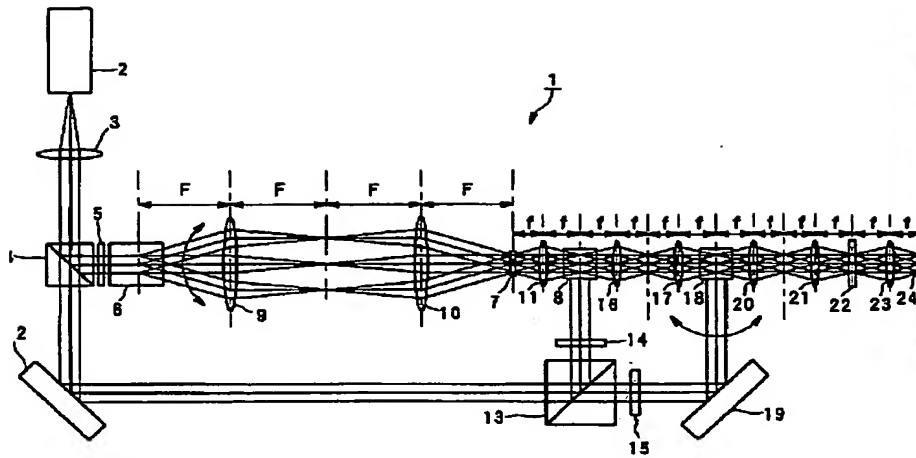
【図2】



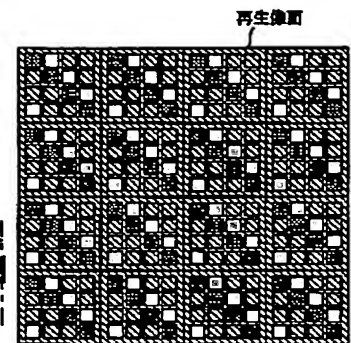
【図3】



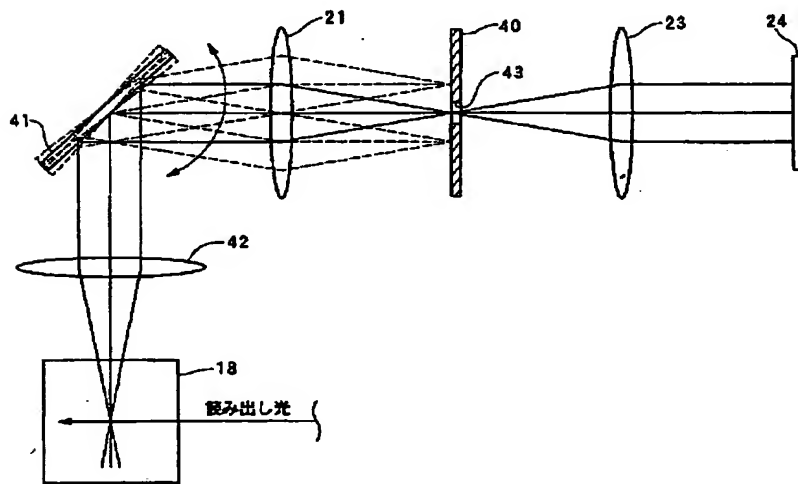
【図1】



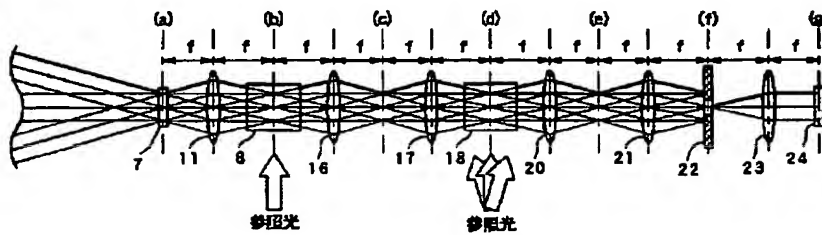
【図10】



【図4】

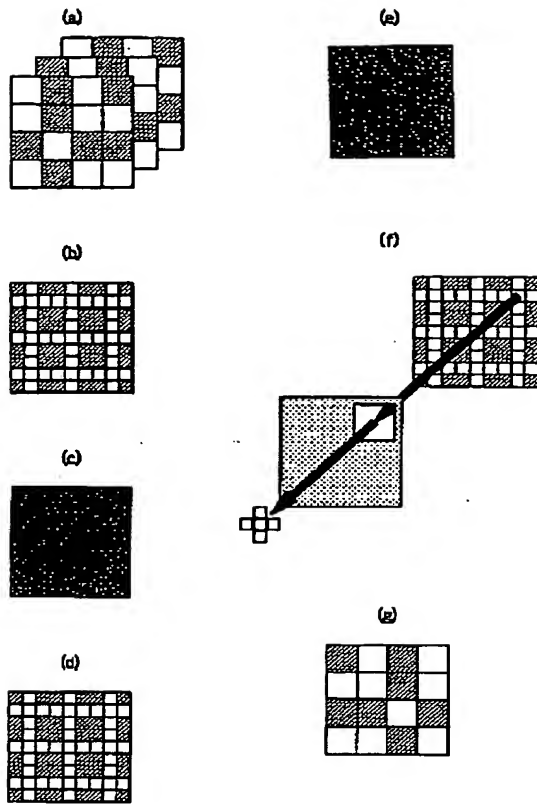


【図5】

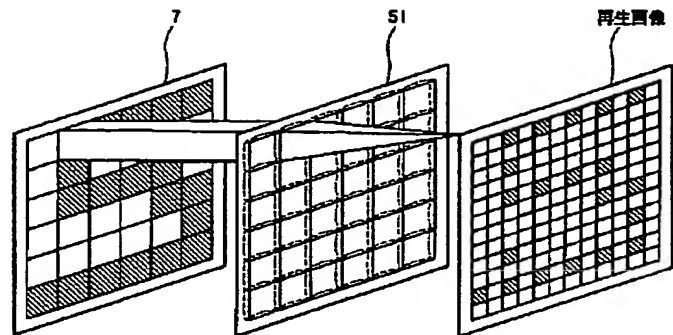




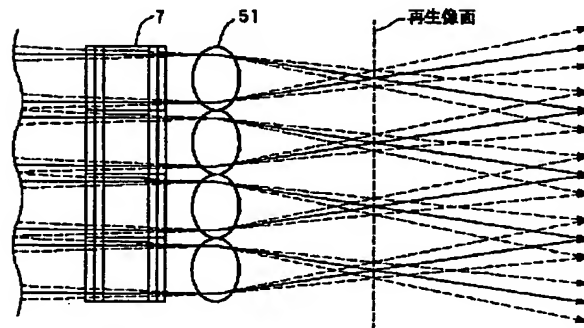
【図6】



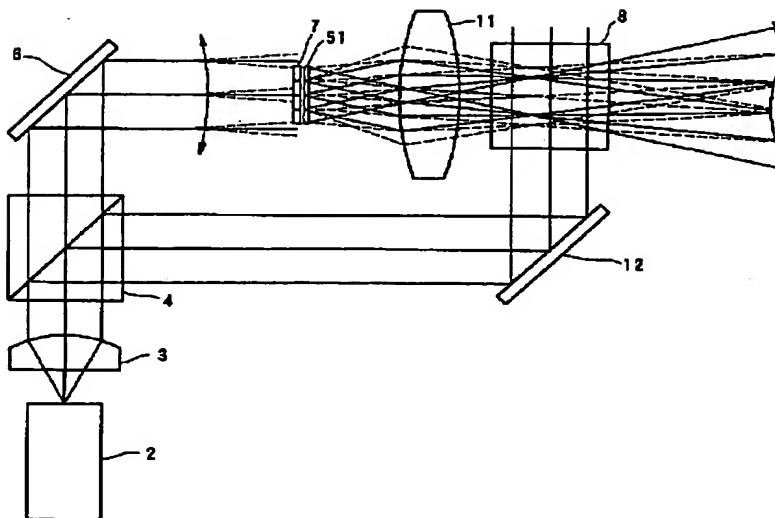
【図8】



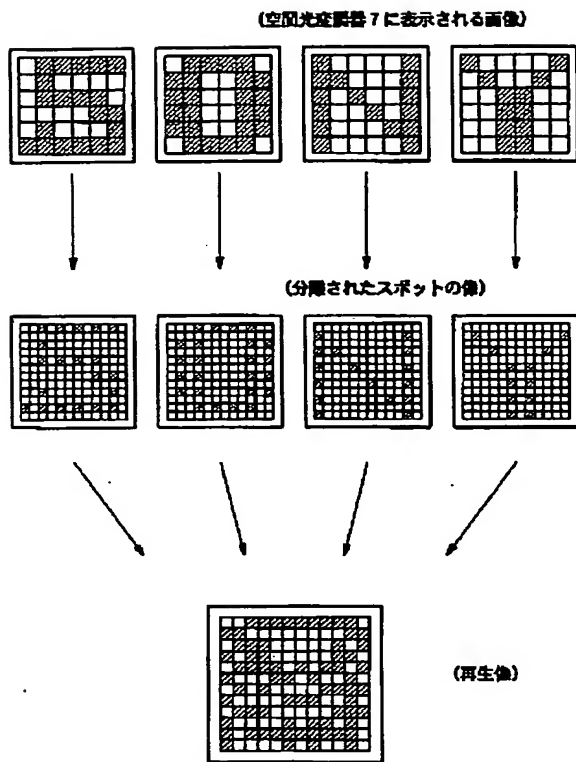
【図9】



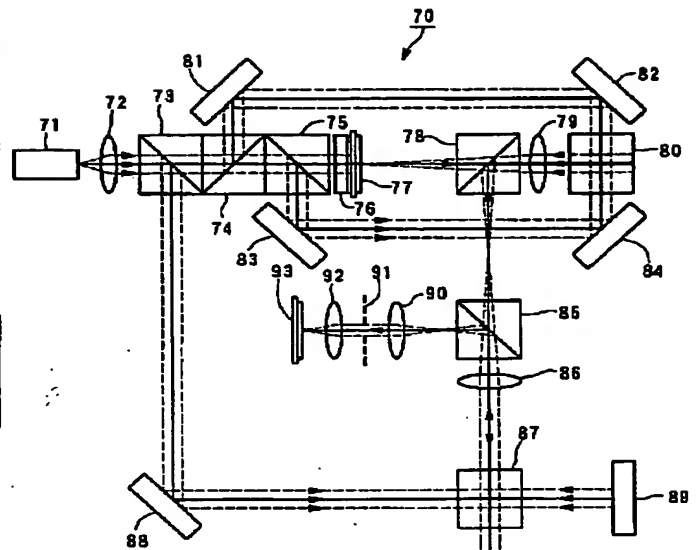
【図7】



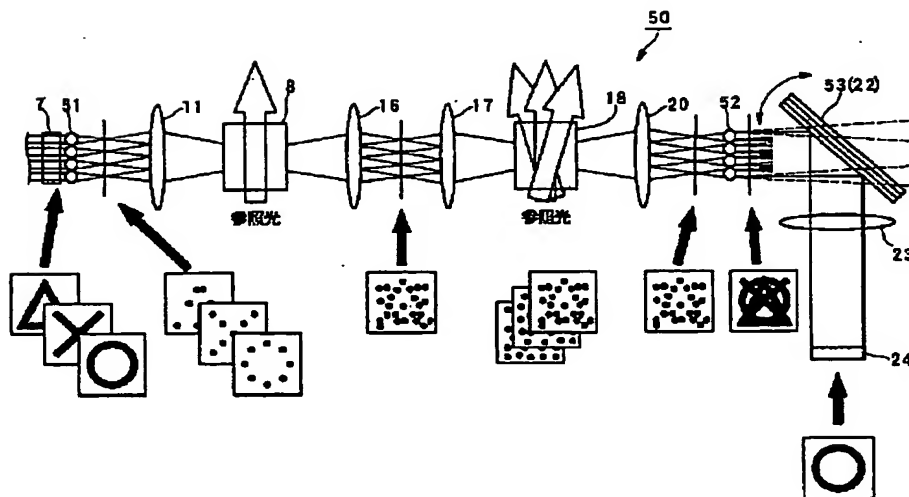
【図11】



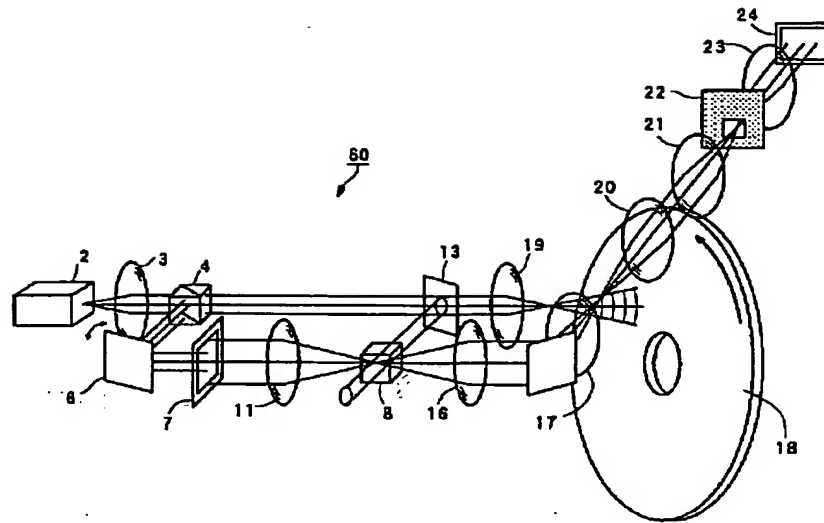
【図14】



【図12】



【図13】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**